

A STRUCTURAL AND SEMANTIC APPROACH FOR THE ASSESSMENT OF BUILDING ENVIRONMENTAL QUALITY

Sandrine Maïssa (1); Alain Zarli (2); Anastasiya Yurshychyna (3)

(1) Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB),
sandrine.maïssa@cstb.fr

(2) Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), alain.zarli@cstb.fr

(3) Université Paris-Est, CSTB, yurshychyna.anastasiya@cstb.fr

Abstract

Quality of building is in Europe increasingly under consideration for all actors in the Building Construction sector. This paper deals with two major aspects of the 'Quality' of buildings: Environment and Accessibility, and introduces to two different approaches to support their checking towards French regulations. First approach is applied on the assessment of Environmental Quality for tertiary buildings. This assessment is the result of the study of 14 environmental issues named 'Targets' and described in a guidelines manual. These 14 targets are shared under 4 main themes: comfort, health, construction and resources management. Instances of targets are: 'Optimization for waste management of the building site', 'Relationship of the building with its near surrounding', 'Sanitary quality of the air', etc... Environmental and sanitary performances are summarized by the 'environmental quality of building profile' which associate reached performances to each target and related sub targets. This profile has to meet with minimum requirements to allow the getting of the 'High Quality Environment' label. The paper specifically focuses on the way to model the process of assessment described in the guidelines manual, encompassing the expression of all concepts (assess expression, influences of buildings features), and all parameters. In a second stage, the paper deals with the development of generic models automating the conformity checking of construction projects against construction technical norms. This model was developed as a part of a current research achieved in the CSTB and has three main contributions: the knowledge representation and acquisition method, the approach for organizing the base of conformity requirements and, at last, the model for checking the conformity in construction. Finally, we discuss common points and differences of both approaches in order to show how they could be applied on a complementary way for the assessment of building environmental quality as a challenging axe for future development.

Keywords: Building Environmental assessment, structured and semantic models, quality and certification, formalisation of conformity requirements, conformity checking, IFC Model.

1. INTRODUCTION

People are more and more aware about the importance of leaving in a comfortable and respectful place regarding sustainability [1]. Quality of buildings in Europe is increasingly under consideration for clients, building owners and building professionals, and building actors are more and more keen to integrate sustainability and environmental issues as early as possible in the Construction process [2]. In this paper, we focus on two major aspects of the 'Quality' of buildings: Environment and Accessibility, and we tackle them through two different approaches to help their checking.

In France environmental qualities of office buildings are assessed through the HQE (i.e. High Environmental Quality) label, which is the outcome of a continuous process covering the early stages of the building lifecycle, from definition and specification to delivery. The assessment of Environmental Quality results from the analysis of 14 environmental issues named 'Target' and described in a guidelines technical manual. This paper first introduces to a structural approach to building environmental quality assessment, through the description of a first collaborative tool designed and developed in CSTB, so as to enhance the certification process and provide a more convenient way to work for all actors involved in. We specifically focus on how to model the process of assessment of the guidelines manual, encompassing the

expression of all concepts (assess expression, influences of buildings characteristics), and all parameters.

In a second stage, the paper relies on a current research achieved in CSTB on the development of generic models automating the conformity checking of construction projects against construction technical norms. The paper elaborates on the potential of extending a structural approach with a semantic-based improvement, relying on some ontology-enabled method for the formalisation and effective application of conformity requirements for effective checking. The process grounds on semantic annotation and scheduling of conformity requirements for conformity-checking task, through five main steps: formalisation, semantic annotation, classification, context-based scheduling and semantic search of conformity requirements.

Eventually, we discuss common points and differences of both approaches in order to show how they could be applied on a complementary way for the assessment of building environmental quality as a challenging axe for future development.

2. A STRUCTURAL APPROACH TO THE ASSESSMENT OF BUILDING ENVIRONMENT

Various HQE guidelines manuals are available according to destination of constructions like tertiary buildings or residential dwellings for instance. To get the HQE label, building owners have to comply with a large number of qualifying items structured in 14 targets (i.e. Water management, Energy management, Acoustic comfort, etc...) shared under 4 main themes: comfort, health, construction and resources management. All information for assessment and audit are described in the HQE guidelines manuals.

This section deals with a structural approach to the assessment of building environmental quality [3]. Firstly we describe the way the Environmental Quality of Building (QEB *in French*) is checked in France through the instance of the guidelines manual for the Tertiary Sector [4], [5]. The second section introduces to the requirements for the structural model and the choices we made to design it.

2.1 INTRODUCTION TO THE CERTIFICATION OF ENVIRONMENTAL QUALITY OF BUILDING IN FRANCE

Environmental quality of a building is drawn up by 14 targets gathering sub-targets which are at last made of elementary items called 'Preoccupations'. Possible performances associated with targets, sub-targets or preoccupations are:

- Reached (R);
- Not Reached (NR);
- Basic (B);
- Competitive (P);
- Very Competitive (TP).

Environmental and sanitary performances are summarised by the QEB profile which make matches aimed performances with targets and related sub targets.

To pass the certificate, QEB profile (Figure 1) has to meet the following requirements:

- At least 3 targets Very Competitive (TP);
- At least 4 targets Competitive (P);

- At most 7 targets maximum Basic (B);
- target N°4 has to be Competitive or Very Competitive.

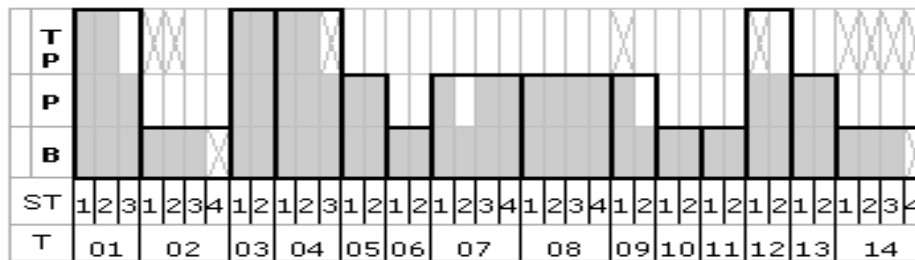


FIGURE 1
INSTANCE OF FICTIVE QEB PROFILE

This profile is defined accordingly to the context of the operation and needs explanation to be provided by the building's owner. A profile is defined for each phase to take into account the changes of project parameters. QEB assessment is made on bottom-up approach on a tree structure containing targets, sub targets and preoccupations (Figure 2):

- Preoccupations performance is given by assessment criteria;
- Sub targets assessment is the result of calculation according to preoccupations performances;
- Target assessment resulting of calculation of sub targets performances.

An instance of preoccupation that belongs to the sub-target *Optimization of waste management for the building site* nested by the target *Building site with low environmental impact* is: *To be sure of the waste destination* and its associated criteria are:

- 100% for the regulated waste: give a value **B**;
- 100% for the regulated waste AND 10% for the non-regulated waste: give a value **P**;
- 100% for the regulated waste AND 50% for the non-regulated waste: give a value **TP**.

2.2 THE STRUCTURAL MODEL OF QEB

On a regular basis (approximately each two years), a new release of the guidelines manual is delivered. To avoid redeveloping the whole tool each time, the decision has been taken to dissociate the part specifically dealing with rules implementation for assessments from the core of the tool. The module dealing with the implementation of rules is modelled using a database. Every concept like expression of both, target assessment and influences of building features are expressed with a logical sentence and stored into a set of tables. The core of the tool translates these logical sentences to evaluate each 'target' taking into account all project data in order to assess Environmental quality of the projects [6].

Buildings features that have to be taken into account for instance:

- project characteristics and initial data (durability, thermal regulation, type of infrastructure, air-conditioning ...);
- reached values by others targets;
- global level planned for the target.

Value(s) of this feature can:

- affect the way of displaying text of targets;
- force a value for a target;
- affect the way to assess a target;
- make display messages to guide the building owner answers.

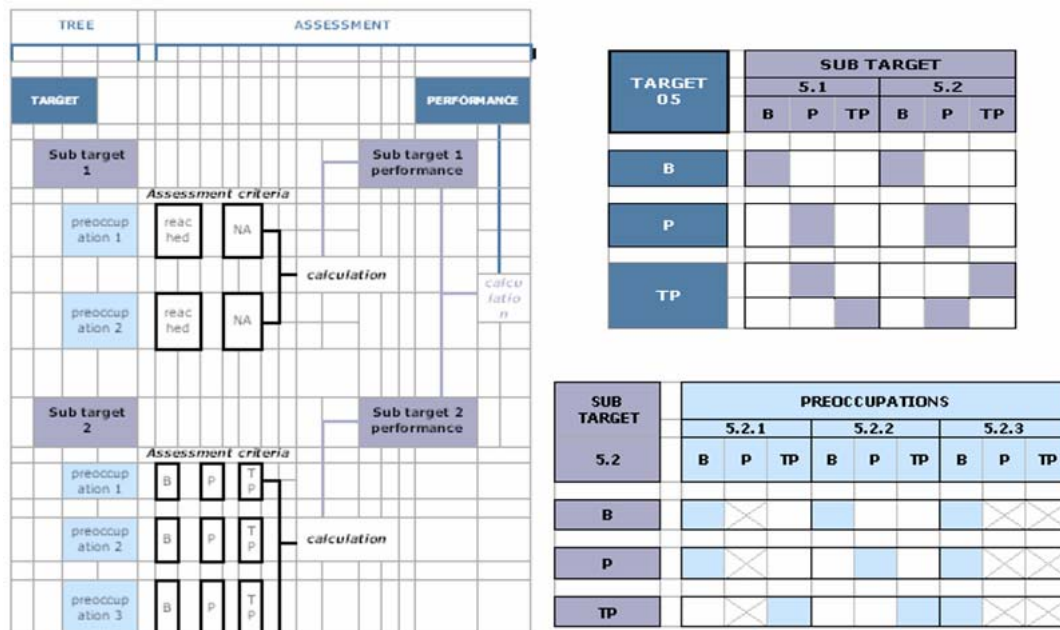


FIGURE 2
ASSESSMENT METHOD FOR A TARGET

All these parameters and the way they influence each target, sub-target or sub-sub-target are stored in the database. Module reflecting hierarchical structure of targets, sub targets and preoccupations contains four tables:

- reference: that contains one line by implemented guidelines manual;
- target linked with table reference and sub target;
- sub target linked with target and preoccupation;
- preoccupation;

Those last tables only change when there is a new release of guidelines manual.

Targets values for an assessment are stored in the following tables:

- line: describes a HQE profile;
- e-target linked with an id of the table "target" and contains the assessment value;
- e-sub target;
- e-preoccupation.

3. ONTOLOGICAL APPROACH FOR MODELLING THE COMPLIANCE CHECKING PROCESS IN CONSTRUCTION

This section introduces to the ontology-enabled generic model for (semi)automating the

conformity checking of construction projects against construction technical norms [14]. This model was developed as a part of a current research achieved in the CSTB and has three main contributions:

- The knowledge representation and acquisition method;
- The approach for organizing the base of conformity requirements;
- The model for checking the conformity of a construction project against conformity requirements.

The **knowledge representation and acquisition method** aims at the formalization of all the knowledge taking part in the checking process, as well as the capitalization of conformity requirements for effective usage in different domains [13].

Generally speaking, the current formalisms used to represent such knowledge are not sufficient for an expressive reasoning. Indeed, construction projects are usually represented in the Industry Foundation Classes (IFC) model, an object oriented file format which is the standard for Building Information Modelling. The IFC model captures information about all aspects of a building throughout its lifecycle and its use is compulsory for publicly aided building projects. The IFC model (and the ifcXML representation) fails, however, to represent the whole semantic complexity of construction data used for conformity checking. It is neither particularly oriented towards the checking problem. As far as for conformity requirements, their current representations are still mostly paper-based (e.g. texts with diagrams, tables), disseminated as regulation texts, and require a human interpretation to be practically used [11] and formalised [12]. Moreover, complex and multidisciplinary, the construction domain is also characterized by an important amount of expert knowledge which is little or non-formalized [9]. Recently, multiple researches aiming at increasing the expressiveness of the IFC model have been held, for example the buildingSMART ontology [7], however, they can not be used “as-is” for our conformity checking problematic.

Guided by the necessity of an expressive and interoperable format for representing the knowledge on conformity in construction, we propose a three-layer knowledge representation and acquisition method.

First, in collaboration with domain experts, we developed a base of semi-formal representations of conformity queries. To explicit formal representations of technical norms, we used the CD REEF, the electronic encyclopedia of construction texts and regulations edited by the CSTB, which allowed us to extract a base of accessibility non-conformity requirements. Then we formalized the acquired conformity requirements as SPARQL queries in terms of the IFC model. For example, the requirement “The minimum width of a door is 90 cm” was formalized by the following SPARQL query:

```
PREFIX ontoCC:<http://conformityCheckingOntologyURI.owl#>
SELECT ?door WHERE
{ ?door rdf:type ontoCC:IcfDoor
  OPTIONAL {?door ontoCC:overallWidth ?w
  FILTER ( xsd:integer(?w) >= 90)}
  FILTER (! bound( ?w) )}
```

Second, we developed an ontology based on the classes of the IFC model (the current specifications IFC 2x3 that are recommended by the IAI) dedicated to and oriented by the problem of conformity checking. There were two stages of the development this conformity-checking ontology. The first one was devoted to the syntax transformation of the IFC model into OWL-Lite: the entities of the IFC model were defined as classes of the ontology, the corresponding attributes – as properties, etc.. The second phase aimed to enrich the acquired

ontology by the expert knowledge which could be represented by the IFC model, but were important to represent conformity requirements. For example, we added such concepts as “Entrance”, “AccessibleWay”, “GroundFloor”. To define these new concepts we benefited from the collaborative work with domain experts who helped to explicit them (as much as possible) as definition rules in terms of the IFC model. Formally, such definitions were stored as CONSTRUCT declarations in the SPARQL language.

Third, the acquired definition rules were used for enriching the initial ifcXML representation of a construction project by orienting it to conformity checking. To do it, we first developed an XSL stylesheet that syntactically transformed the initial ifcXML into an RDF file and, second, we applied the definition rules to this RDF representation, in order to extract only the information necessary to ‘answer’ the conformity queries. In other words, the initial representation of a project was enriched according to the conformity-checking ontology and simplified for the specific task of conformity checking.

Our approach for **organizing the conformity requirements into a query base** for effective checking relies on the semantic annotation of conformity queries that integrates the expert knowledge related to these queries, as well as on the classification of these queries according to their semantic annotation. To facilitate the usage of this query base, we also developed the so called semantic search, which took into account the content of conformity queries in the navigation through this base. In other words, the semantic search used the knowledge of the domain formalized in the conformity-checking ontology to classify and structure conformity queries according to the semantics of the knowledge they represented.

In order to integrate all meta-knowledge on the checking process, our semantic annotation was modelled as an RDF annotation representing the following characteristics of conformity queries:

- Characteristics of the regulation text from which a query was extracted: (i) regulation type (e.g. circular); (ii) thematic (e.g. accessibility); (iii) title, publication date, references; (iv) level of application (e.g. national), (v) destination of a building (e.g. private house), etc.. These characteristics are traditionally used for the classification of conformity requirements [8], [10];
- Characteristics of extraction process: article and paragraph from which a query was extracted (e.g. 1st paragraph of Door article);
- Formalised expert knowledge: tacit « common knowledge » on the process of conformity-checking that is commonly applied by domain experts: (i) knowledge on (sub)domain of the application of a query (e.g. Stairs); (ii) knowledge on checking practice (e.g. if a room is adapted, it is accessible); (iii) expert interpretation of a query, etc.; and
- Application context of a query for different use cases. For example, the requirements on the maximal height of stairs handrail vary from 96 cm (for adults) to 76 cm (for kids). In this case, it is important to know the destination of a building (e.g. school).

These semantic annotations were then used to classify the conformity queries by three main types:

- By construction: queries are classified according to expert knowledge defining the query (e.g. thematic) by possible values of this criterion (e.g. possible values of thematic are accessibility, acoustic, etc.).
- By key concepts: queries are classified according to corresponding key concepts of their semantic annotations. This classification is, in fact, the classification by specialisation / generalisation relations existing between the graph patterns of key concepts (e.g. the class

concerning a building (public building/three-floor house/school) is defined by IfcBuilding).

- By application condition: for queries that should be checked only under certain conditions. It is a classification by specialisation/generalisation relations existing between the graph patterns representing the condition of query application (e.g. the application condition of a query “in school, all doors are ...” is a specialisation of the application condition of a query “in public building, all doors are ...” as the graph representing school is the specialisation of the one representing public building).

The semantic annotation of conformity queries allows us to propose a user more detailed selection of queries to be checked. For example, for a user interested in checking the conformity of a door, we can propose the semantic search that will give a semantically richer result: it will interrogate the domain ontology to define not only the queries annotated by Door, but also all the corresponding ones (its subclasses “Entrance”, “EntranceDoor”, “FrontDoor”, “AccessibleEntrance”). It also means that a user can obtain a semantically consistent answer about the content of the conformity query before executing it – only by its RDF annotation – and thus to identify what he really wishes to check.

Technically, such semantic search is based on the execution of the following SPARQL query against a base of RDF semantic annotations.

```
PREFIX a:<annotations.owl#>
PREFIX ontoCC: <domain.owl#>
SELECT ?s ?nQuery ?appValue ?cCl
WHERE { ?s direct::rdfs:subClassOf ?cCl
FILTER(?s ^ontoCC:)
?nQuery a:domainApplication ?appValue ?appValue rdf:type ?cCl
FILTER (?cCl ~ 'door') }
```

In our example, the search of ‘door’ expression will give the list of queries, which application domain contains “door” and classifies them according to the conformity-checking ontology. In comparison to the traditional search (that results with the only answer “door”), the semantic search will detail the application domain of found queries and classifies them into subclasses: (i) “Door”; (ii) “EntranceDoor”, “FrontDoor”, “Entrance”; (iii) ‘accessible entrance’.

The advantage of such semantic search is that it is defined according to the general domain knowledge of the construction sector, formalized in the conformity-checking ontology, which is independent of an end user, but helps him to detail the search of corresponding conformity requirements and thus to refine the algorithms of their application *during* this process.

The third contribution of our research was the generic model for (semi)automating the conformity checking of construction projects against construction technical norms. It grounded on the scheduling the conformity queries according to their priorities to optimize the checking procedures [9], which were modeled by establishing a projection from the SPARQL representations of conformity queries to the RDF representation of a project. The results of this projection were then interpreted in terms of conformity checking in construction. The detailed description of our checking model can be found in [13], [14].

4. COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURED AND SEMANTIC APPROACHES FOR THE ASSESSMENT OF BUILDING QUALITY

4.1 COMMON POINTS

They can be summarised as follows:

- From a trade point of view, these approaches aim to help experts in their works of checking 'quality' of building. At the end of the checking, a final audit completes the process.
- The two introduced approaches are to be considered as a kind of knowledge capitalization of the construction domain for the audit process.
- They both potentially cover a construction project from the early phase of design to the delivery, even if in practise information are not accurate enough at the design phase.
- Regulation texts or guidelines manual are made of textual technical documents which are not clearly structured. Their translation into logical expressions can not be direct and easy and they need to integrate the expert knowledge related to these issues.
- The two approaches rely on a generic model of the representation of the 'Quality' of a building. Models are scalable and independent of the evolution of their contents.

4.2 DIFFERENCES

Main differences can be identified as follows:

- The semantic approach aims to provide a generic model automating the conformity checking, whilst the structural approach is only an assessment model of quality, where results are calculated according to the answer given;
- The structural approach takes as input well-determined features of a building, where the second ones take an IFC instance of the building as parameter.

The domain covered by the environmental quality and sustainability has a far broader coverage than the one of the conformity checking of construction projects. Environmental quality has to be integrated from the very early phase of a project and impacts on the construction process:

- Environmental quality not only focuses on the building but deals with its environmental surrounding and neighbouring;
- The building site is under consideration as much as the building itself and choices made by actors during the building process.

5. PERSPECTIVE: TOWARDS AN HYBRID APPROACH APPLIED TO THE ASSESSMENT OF BUILDING ENVIRONMENTAL QUALITY

Based on the outcome of the research as introduced in this paper, two important factors can be brought out:

- **IFC model as an input for building environment quality:** the assessment of Environmental Quality needs information that overtakes the frame of the building model described by IFC. In fact, required data for targets like 'Relationship of the building with its near surrounding' or 'Building site with low environmental impact' could not be found in a building model, at least in their currently existing models. Whereas, information is available in the IFC Model to check targets as 'Sanitary quality of the water' or 'Sanitary quality of the air' and could lead to the definition of a specific ontology defining the environmental and sustainability issues.
- **The integration of meta-knowledge:** thanks to RDF semantic annotation, this integration in the process of assessment of Environmental quality leads to a real improvement of the model; it could lead to a semi-automated assessment. Obviously, only a restricted part of the assessment of preoccupation could be formalized with RDF semantic annotation.

Perspectives of such models are interesting not only for the building environmental quality but also for all domains of assessment and checking in building construction. This goal represents a lot of work of definition and specification. Still a raising question is to know first if the IFC model is currently mature enough to support such a type of sustainability data, and indeed to know if this has to be part of the specification of a building model, as sustainability issues largely go beyond the simple field of the building itself.

REFERENCES

- [1] 'Recherche et Développement du Département Technologies de l'information et Diffusion du Savoir', Cahier du CSTB 443, Octobre 2003, Sophia Antipolis, France, p.49
- [2] Peuportier, B. 'Eco-conception des bâtiments – bâtie en préservant l'environnement'. Ecole des Mines de Paris, 2003, Paris, France
- [3] Flessel, D. 'Conception et Mise en Oeuvre d'une Méthodologie de Pilotage de Projets de Construction de Bâtiment Intégrant L'Approche Haute Qualité Environnementale (HQE)', PhD. Thèse de doctorat de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille, France, 2003.
- [4] Certivea. 'Référentiel Technique de Certification, Bâtiment tertiaire - Démarche HQE, bureau – Enseignement – 2006', August 2006
- [5] Certivea. 'Référentiel Technique de Certification, Bâtiment tertiaire - Démarche HQE, bureau – Enseignement – 2007', Mars 2007
- [6] Maïssa, S., Vinot, B., ' ' In Proc. of the *European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM-2008)*, Sophia Antipolis, France, 10-12 September 2008, p.477
- [7] Bell, H., Bjørkhaug, L. "A buildingSMART Ontology". In Proc. of the *European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM-2006)*, Valencia, Spain, 2006, pp.185-190
- [8] Cheng, C.P., Pan, J., Lau, G.T., Law, K.H., Jones, A. "Relating Taxonomies with Regulations", *Proceedings of the 9th Annual International Conference on Digital Government Research (dg.o2008)*, Montreal, Canada, May 18-21, 2008.
- [9] Goutte, C., Sahmi, N. "Concevoir des espaces accessibles à tous", *Guide CSTB*, 3me édition, 2007, ISBN 978-2-86891-359-3

- [10] Lau, G.T., Law, K.H., Wiederhold, G. (2006). A Relatedness Analysis of Government Regulations using Domain Knowledge and Structural Organization, *Information Retrieval*, 9(6):657-680, Dec 2006.
- [11] Lima, C., Yurchyshyna, A., Zarli, A., Vinot, B., Storer, G. "Towards a Knowledge-based comprehensive approach for the management of (e) regulations in Construction". In Proc. of the *European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM-2006)*, Valencia, Spain.
- [12] SMARTcodes™, available at <http://www.iccsafe.org/SMARTcodes/index.html>
- [13] Yurchyshyna A., Faron-Zucker C., Le Thanh N., Zarli A. "Ontological Approach for the Conformity-Checking Modelling in Construction", Dans Proc. of the *10th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS2008)*, Barcelone, Espagne, 12-16 Juin 2008, p.139
- [14] Yurchyshyna A., Faron-Zucker C., Le Thanh N., Zarli A. "Towards an ontology-based approach for formalising expert knowledge in the conformity-checking model in construction", In Proc. of the *7th European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM-2008)*, Sophia Antipolis, France, 10-12 Septembre 2008

A WIKI APPROACH TO SHARE CONSTRUCTION DOMAIN KNOWLEDGE

Sherif Kinawy (1); Tamer E. El-Diraby (2)

(1) Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, University of Toronto,
35 St. George Street, Toronto, ON, Canada, M5S 1A4, +1 (416) 623-7956,
sherif.kinawy@utoronto.ca

(2) Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Toronto,
35 St. George Street, Toronto, ON, Canada, M5S 1A4, +1 (416) 978-8653,
tamer@ecf.utoronto.ca

Abstract

A wiki is a type of Web site which provides online space to users to contribute or modify published content. In this manner, wiki sites are used to create collaborative Web sites for knowledge and information sharing. This paper will investigate the wiki approach to share domain knowledge in the construction industry. Key features of wiki sites will be examined along with the extensions required to match the dynamic nature of the construction industry. While granting people the rights to have a say by expressing their opinion about construction knowledge by either creating new pages in a wiki site or editing the existing wiki pages, appropriate methods are necessary to prevent the editable wiki pages from being abused. The paper will discuss ways to maintain a healthy wiki site for effective sharing of credible construction domain knowledge. The first question to answer is how to attract knowledgeable participants and encourage their contribution. The second question is what control methods are required to maintain the health of such a wiki site. Finally, a design for an application and relevant scenarios will be discussed as an example of our wiki approach.

Keywords- *construction processes, effective collaboration, knowledge sharing, semantic wiki*

1. INTRODUCTION

As various Internet technologies recently reached maturity, their benefits were realized in the field of construction through the growing use of the Web [6][8]. New concepts like social networking and blogs have caught up in a relatively short time. One Web technology that has recently established great popularity with users is the wiki. A wiki is a type of Web site which provides online space to users who access it to contribute or modify published content. Wiki sites are used to create collaborative Web sites for knowledge and information sharing. Missing or incorrect content on a wiki Web site will be easily amended by adding new thoughts or making changes, given the permission of editing the content.

As a collaborative encyclopedia, Wikipedia [12] is now the best known and the most successful wiki site. In construction, while the Web has provided the means for the transfer and communication of vast amounts of information, this abundance of information has become overwhelming. Users have now transitioned from a state of lack of information to facing the problem of an excess of information [4]. Wikis address this problem by organizing information and aiding with the process of collecting information and knowledge that is often distributed among different sources. By adding meaning to the knowledge collaboration process presented and reviewed through the wiki, semantic wikis have emerged to effectively solve the problem mentioned earlier.

Furthermore, the buildup of knowledge naturally follows a staged process, where it is created then refined incrementally. In the same way, wikis gradually transfer collective user knowledge. The peer review process moderates content through a self-regulating mechanism. Often, there is reluctance on the part of engineering practitioners to carry out constant documentation as it is viewed as a time-consuming process. Naturally, practitioners are also

reluctant to document incomplete work. The wiki clears some of the hurdles of documentation by providing easy access, short- and long-term reward and an incremental process that can be based on incomplete knowledge. This environment facilitates further collaboration.

This paper will investigate the wiki approach to share domain knowledge in the construction industry. Three key features of wiki sites will be examined along with add-ons to match the dynamic nature of construction industry:

- The wiki approach enables all users to collaboratively work on any single concept of construction domain knowledge by editing an existing page or creating a new page. Traditional wiki sites only allow a simple markup language (usually plain text) to be displayed in a Web browser. This paper will discuss the possibility of using other add-ons like large sized pictures, drawings and videos, since many construction knowledge concepts need to be illustrated by such auxiliary information.
- A single page is usually connected to other wiki pages in the same wiki site via hyperlinks, if its content is referred to by other pages. Although this meaningful interconnection easily indicates what other wiki pages are available in the same wiki site, the hyperlinks lack semantics. This paper will advocate using ontology to empower the semantics of the interconnection between wiki pages.
- A wiki site seeks to involve its visitors in an ongoing process of creation and collaboration. This paper will discuss a mechanism to have a set of relatively stable visitors to constantly contribute to the Web content by forming virtual communities of practices.

While granting people the rights to have a say by expressing their opinion about construction knowledge by either creating new pages in a wiki site or editing the existing wiki pages, appropriate methods are necessary to prevent the editable wiki pages from being abused. The paper will discuss ways to ensure a healthy wiki site to maintain construction domain knowledge in terms of trustworthiness and effective control. The first question to answer is how the wiki site encourages credible and knowledgeable participants. Another question is what control methods are required to maintain the health of such a wiki site. For example, if a large amount of participants including highly knowledgeable users review every change in a timely manner, as such any erroneous modification could be quickly identified and corrected. In the end, a wiki is the result of the group's interactions and reflects a more diverse knowledge base than that of one individual.

Finally, a design for an application will be discussed as an example of our wiki approach. Due to the vast scope of construction knowledge, the application will focus on construction processes as they require many people to share their experience and constantly update the information to reflect most recent changes as well as different strategies. The users of this system can be any of the parties that deliver knowledge in a construction project. Some scenarios are used to demonstrate the diversity of applications. It is ideal in environments where temporary workgroups are formed and easily dissolved at a later time. The output of the group is easily accessible, while the history of the work progress is preserved in the form of discussions that justify the final product.

2. WIKI DEFINED

A wiki is a kind of social software that offers a many-to-many communication model. It is a collection of Web sites that can be edited by any user. Wiki sites are often accompanied by wiki-management software. The definition of a wiki encompasses the site, software and the authors [4]. Contributing information to a wiki is different from posting to a Web site or a blog. Wikis are simpler since they can be updated from any browser and by more than one

user. They take away from the common perception of collaborative work as a time-wasting contribution. [11]. A wiki also adds the functionality of allowing members to collaboratively edit content. In this sense, wikis are collaborative and social software which are mainly composed of the wiki site and the software that is used to update and maintain the wiki. A wiki site is the set of pages and files that are accessible using a browser [4]. These documents are interlinked to provide easier access to information. A wiki is based on the idea of hyperlinking which facilitates the interlinking of documents within the wiki and those external to the wiki.

To effectively provide this hyperlinking and quick editing functionality, the wiki software is a vital part of a wiki. The software represents the backbone of the wiki which enables the hosting of pages, discussion area, editing and insertion of images and other content. Wiki software also facilitates one of the vital features of a wiki: history. This feature maintains copies of documents as a log and for retrieval in the future when needed. Wikis are extensively used in several fields. Libraries currently exhibit the most growing use of wikis as they are collaborative work environments by nature [1]. They have been successfully integrated for the collaborative exchange of information. In engineering, however, their use is not as extensive so far. This lag is attributed to a number of reasons that will be discussed later in the paper. A number of steps are being taken to enhance the short-term rewards such as easy and aided access to content, in addition to merit systems for effective contribution. Users also seek the long-term reward which materializes in the form of the well-structured product on the wiki pages as well as the frequent documentation and accumulated knowledge. Some of the latest efforts are presented in the following examples.

3. EXAMPLES OF WIKIS

Wikis have already established their existence in the Web users' community. A significant number of wikis are now perceived as a quick source of information as well as a means for collaborative work in educational institutes as well as professional environments [10]. This section discusses some of the famous wikis that are currently available.

Wikipedia

This is the largest wiki by far, based on its user base. It is designed as an encyclopedia where anyone with an account can contribute. Wikipedia was created in 2001 by Jimmy Wales and Larry Sanger [12]. The main driving force for contribution in Wikipedia is its cost and the amount of effort needed. It is practically free and the tools and time needed by the user for updating information on the wiki is minimal. The use of wikis is not limited to online encyclopedias that are similar to Wikipedia. As of September 30, 2008, they had to use 1594 administrators for their English edition [12]. As content expansion occurred, it was necessary to divide the wiki into smaller projects that were grouped by theme. Each of these projects resembles a small wiki on its own. In a similar form to these themed projects, more specialized wikis exist. The availability of more specialized wikis enabled community members and professionals in one field to interact within the same context. More specialized wikis like Wikitravel [13] were created to address more specific topics in a more manageable manner. Specialized wikis can also be developed by specialists in the field. An impressive example of such a specialized wiki is (SWiM), a Mathematics wiki.

SWiM

Despite their success, structuring a wiki is not an easy task. As the size of a wiki grows, it requires greater effort to maintain its accessible nature. Semantic wikis allow users to annotate documents and collaboratively provide metadata so that their content can be more

easily related. SWiM is a semantic collaborative wiki for mathematical knowledge [5]. It is a very domain-specific wiki. Mathematics is an area in which hypotheses are made, argued for, and refuted numerous times before being accepted. In addition to offering wiki functionality that enables quick and frequent editing and browsing, this wiki introduces semantics through MathML [5]. While this is an example of enhancement of context semantics, another example of a semantic wiki is Mymory in which annotations were added for enhancement of performance.

Mymory

This project further enhances semantic wikis by adding annotations. Annotations resemble personal notes that can be used during the formalization work. Mymory uses some key technologies such as a RDF (Resource Description Framework) repository and PIMO (Personal Information Model Ontology) [3]. In addition to the semantic wiki as the centre of the application, there are manual annotations that can be added by the users. Mymory also uses automated annotations according to the user's actions and a search mechanism that involves context so that it is semantically sensitive. The annotations can also be filtered according to the user that created the annotations since user information is recorded as annotations are created. Mymory is primarily used for organizational knowledge management and document-centric work such as formalizing software licenses [3]. In a manner similar to Mymory, two other well-known semantic wikis, SweetWiki and IkeWiki [9], introduced tagging that is context-specific.

4. APPLICABILITY TO THE CONSTRUCTION KNOWLEDGE DOMAIN

The former examples present applications of wikis in different fields. They show the use of features such as annotations among other features to enhance the use of wikis. In construction, the scarcity of specialized wikis is one of the primary reasons for the delay in the adoption of wikis. In order to judge whether wikis are applicable in the construction industry, it is necessary to assess the needs of the industry. It used to be the case that many engineers were reluctant to use the best available technology, if it could be done otherwise [7]. Yet, a major task of a civil engineer studying construction processes is to identify the issues affecting a project. This is a major aspect of Value Engineering which is an opportunity to generate and test ideas to achieve efficiency and promptness. It is, therefore, desirable in engineering. Randolph [7] also explains how the engineering process involves an information phase in which basic information about the process is collected. Wikis can help facilitate this phase, especially if societies are involved as in most infrastructure projects. The speculative phase follows and encourages team members to think of all the aspects about the process under study. Then the evaluative phase involves studying the ideas and evaluation through discussion and analysis. Those steps precede the implementation plan and are as important as the implementation phase, after which, assessment is also necessary [7]. It is evident that collaboration and documentation seem to be common components in all the phases. Participants provide information and receive information in return. Managers used to have the concern about whether computers were a proper tool for their organization due to several reasons including: misuse, misinterpretation, misapplication and over-promotion [7]. Before a technology like wikis can be incorporated, these issues have to be addressed and controlled.

The shortfalls were usually in the areas of collaboration, visualization and process modeling [2]. There is a general lack of good practices that ensure the documentation and future availability of lessons learned. ICT (Information and Communication Technology) is widely used for administrative purposes, especially by the large contractors [6]. Information transfer between participants in and between different stages of the project is inefficient, and

redundant information is created since the transfer of information is often carried out manually [6]. The construction industry is often referred to as a fragmented field, and so is the knowledge in the construction field. This knowledge does not belong to one source and is not possessed by one person or organization. Although many organizations try to promote intra-organizational sharing, it has proved to be hard to create a product that is updatable and with a wide reach. While progress is being made in organizational Knowledge Management (KM), there are still challenges in the management of project knowledge. This is partly because the knowledge required to deliver projects is not unified within one context and is held by different professionals who are based in separate organizations [11].

The wide availability of a wiki site gives it a wider reach and, therefore, provides a better chance for continuous collaboration. As shown in figure 1, collaborators from different organizations can use a wiki to exchange and document knowledge, to study a certain construction process for example. In this manner, those collaborators form their own user community for the duration of their collaboration. This process does not require all members of the organization to take part. One or more collaborators can be assigned the role of managing the wiki to maintain its structure and content integrity. Similarly, members of the same organization can take different roles as defined by the user community. Despite their roles, the users share some tasks such as the peer review process. Furthermore, one person can collaborate through several wikis at the same time. In this case, the collaborator from *Organization B* contributes to one wiki by editing while only partaking as a reader in another wiki. In *Organization A*, one member is assigned the responsibility of managing the wiki, which could involve creating the wiki, while another member takes the task of uploading and editing media content in addition to simple text. Wikis, in this case, do not only present information, but allow for the discussion and analysis of this information, thus upgrading it to true knowledge.

In the current practice, many engineers identified the documentation of best practices and other project information as a process that is usually slow, non-continuous and that does not allow for contribution by many of the individuals involved, despite their willingness. Documentation sometimes becomes an individual effort by a selected few. Nevertheless, we are in an information society and it's only wise to make use of the ability of current and future members of the community to accept technology more readily. Wikis are one example of social software that has recently readily gained wide acceptance among users of the Internet.

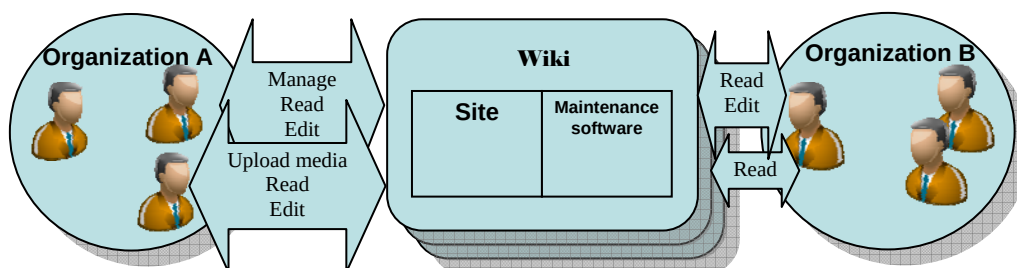


FIGURE 1
ROLE OF THE WIKI IN SHARING CONSTRUCTION DOMAIN KNOWLEDGE

A specialized wiki offers an effective solution to most of the needs in the field of construction processes, which is document-intensive. Table I presents ways by which the functionalities of a wiki match the different features needed in a system for successful collaboration in this field of construction. These areas include ease of access, continuity and persistence of information. Custom tools that facilitate the exchange of construction-specific knowledge can also be a

principal incentive for contribution. In the following three sections, we discuss the various mechanisms for maintaining a productive wiki during creation and after initiation. This discussion is followed by the proposed application design.

TABLE I
MATCHING WIKI FEATURES TO CONSTRUCTION ENGINEERING NEEDS

Need	Wiki Functionality
Continuity among projects and within the specialized fields	• Permanent storage and full listing of documents • Accepts and maintains work in progress • Can revert to previous versions of a page with one click
Easy access	• Accessed from any browser • No special software needed by users
Exchange of knowledge	• All points of view can be added and referenced • Discussions are enabled
Constructs and terms specific to construction	• Specialized wiki • Maps of special terms • Specialized functions • Enabled media content for construction visualization

5. MAINTAINING A HEALTHY WIKI AND PREVENTING ABUSE

As with any document, it is important that content is reviewed for accuracy and potential bias. With online content this task becomes indispensable. It is essential that peer review is encouraged and enforced. Most wikis will employ controls to prevent self-promotion and the presentation of biased information. Moreover, without proper control measures such as moderation, arguments can carry on and side track. Users should be aware of their responsibility for the information that they include. Sometimes it is worthwhile to allow freezing of some pages when enough information has been accumulated on the subject. The judgment in this case is not straightforward and requires some form of consensus. On a higher level of wiki management, the structure of the wiki and elimination of redundancy are two important aspects that indicate if the wiki is in a healthy state. Furthermore, it is recommended that side projects would branch out if they are of significant size. This process results in a wiki that is easier to maintain. Through metadata in semantic wikis, the content can be semantically analyzed. The analysis can enable important features like duplication checks and other structural maintenance checks which can otherwise be cumbersome if handled manually.

6. ATTRACTING KNOWLEDGEABLE PARTICIPANTS

It is important that those who possess the knowledge are included in the wiki community. Their role is not only providing content, but also peer reviewing and validating the knowledge exchanged on the wiki. As mentioned before, a wiki requires a critical mass in order to express any benefits; hence attracting knowledgeable participants is the most important step to maintain a healthy wiki. Attracting and retaining those participants requires different marketing strategies and a lot of motivation to reflect the appeal of the wiki site. This motivation is usually expressed in the form of short-term returns such as immediately sharing the knowledge as a service in return [5]. Another motivational strategy is utilizing the role of virtual communities in attracting and retaining knowledgeable participants. Virtual communities often provide a greater reward to participants through stimulating discussions

and collective contribution. In addition to allowing for social networks to naturally form, it is recommended that these communities are artificially created based on commonalities such as the field of specialization. An author on a wiki can be a member of more than one community. As users become engaged in more than one wiki project, it is essential to focus on the short-term reward. Semantic wikis can contribute to this effort as they facilitate the extraction of information. Content can then be automatically filtered to match the users' interests or specialization, thereby enhancing their overall experience and encouraging effective contribution.

7. CONTROL MECHANISMS

In order to avoid the symptoms of an unhealthy wiki, a few control mechanisms need to come into play. A standard approach is assigning users the role of reviewers or administrators to approve changes, and moderate the discussions and peer review process when necessary. Some wikis administrators decide to post ground rules for interaction and maintenance of the wiki. These rules are usually collaboratively set by the community of users, and are thus, more likely to be adhered to. Other extreme measures include barring users with repetitive violations [4]. Wikis that require the creation of a user account are generally easier to maintain since it becomes possible to enforce the citation of sources of information, link content to authors and track activities within the site. Once a wiki is created, it needs a clear purpose and a strong user community to sustain itself beyond the initial stage [4]. The management of a wiki is the responsibility of its users. If the wiki is used for a particular project, the control would be the responsibility of one or more members in the project group. Often, the wiki manager is the actual moderator of the team, leader of the project, or the most adept in Web technologies. Any member can be assigned this task and, in this sense, the wiki can be handled as a sub-project within the main project.

8. PROPOSED APPLICATION

In addition to the features and management practices mentioned earlier, a construction wiki would have to offer specialized features. The wiki would share the main pillars of a modern wiki which are availability, accessibility, maintainability, and the integration of different forms of media. The latter is a feature that is missing from most of the traditional wikis that often rely on simple text and image structures. To materialize the semantic wiki concept in an application, it would employ an ontology that is customized to the construction industry. This ontology adds a semantic base to hyperlinking and identifying related content within the wiki site. The wiki site takes the typical interface of a wiki as shown in figure 2. This Web interface contains the main labels: Document, Discussion, Edit and History. In addition, an Annotations and a Metadata tab were added as some of the features of a semantic wiki. The Document tab is the default tab which displays the most current contents of the page. The Discussion tab takes the form of a forum in which users can post comments about amendments or omissions, or simply leave notes about the content of the document. The Edit tab would allow a user to edit the contents of the document given proper permissions. The History tab keeps a record of all updates to the document. Using this tab, a user can decide to revert to an older version of the document if needed. Finally, the Annotations and Metadata tabs enable the semantic functions of the wiki by allowing the users to add metadata, annotate specific components of a document, and establish its relationship to other documents.

Another feature of this wiki is relating user profiles with content. The semantic nature of the wiki would enable the listing of similar documents to which the user has access. This feature refines the structure of the wiki and enhances the user experience. Automatic annotations can

be used to suggest related content according to the user's role. Also, as a reader previews a certain document, the sections of that document visited by the user can be annotated automatically. An additional feature is visualization which is an essential tool in engineering. It is expected that users will heavily make use of the wiki feature that allows the insertion of images and videos into documents. Users should be able to annotate graphics as well as text. Another useful virtualization tool is a GIS (Geographic Information System) overlaying function that would add a geographical context to the knowledge.

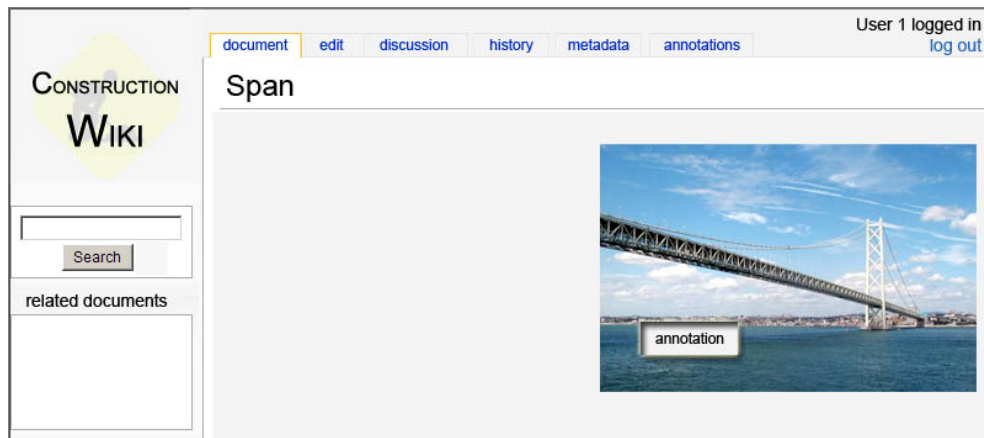


FIGURE 2
MAIN WIKI INTERFACE

Despite the availability of wikis to most users who have access to the Internet, contributing to these dynamic wikis could still be challenging to users with disabilities if the wiki site is not well-equipped. It is therefore important for the proposed application to accommodate features that make the wiki more accessible. Accessibility features include larger fonts, text readers, more accessible media content as well as other accessibility controls.

9. SCENARIOS

Two simple scenarios are presented, as shown in figures 3 and 4, to demonstrate how the proposed application will support collaboration in construction. The scenarios include a number of actors from the construction industry in different collaborative settings.

Intraorganizational project meeting

A construction company based in Canada is operating several green building sites around the world. One of the projects is being implemented by a team in Canada with one team member in Shanghai, China who has access to a construction site in the same city. Due to the geographic and time zone barriers, frequent meetings are inconvenient for both parties. The corporate wiki template is used as it contains a map of other related documents and necessary technical terms and standards. The project involves planning an extension to an existing facility. Although the team member in Shanghai is unable to conveniently interact with the rest of the team directly, she is able to easily check the planning progress by logging onto the wiki. She can also check the discussions that were recorded by the other team members before they updated the respective pages. While in edit mode, she uploads a video of the site and a recently finished 3D model, and links them to a location on the GIS mapping tool. On the

implementation schedule discussion page, she decides to add a comment about the third phase of the implementation schedule. She marks this discussion for follow up as she notices that one of the other team members had brought up a similar idea for the third phase as well.

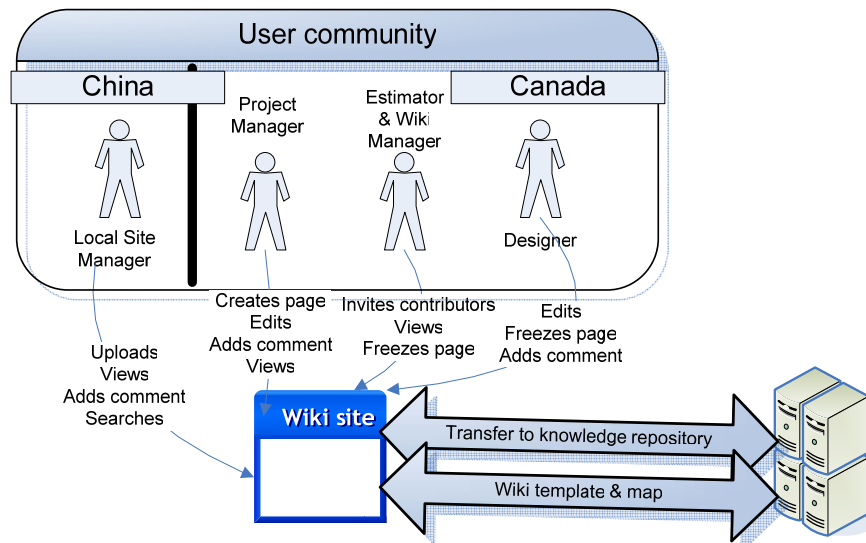


FIGURE 3

USE OF A WIKI TO COORDINATE A PROJECT ACROSS DISTANT GEOGRAPHICAL REGIONS

Interorganizational coordination

The representatives of four major construction organizations are meeting to draft a standard for the use of ICT in construction in flood-prone areas. They form a committee that includes specialists in ICT, construction managers from various flood-prone sites and a technical writer. Instead of circulating memos or meeting on a weekly basis, they are using a semantic wiki. The committee members meet to agree on their roles and create the initial structure. One of the committee members creates the wiki and is assigned the role of the manager. He creates the main layout and circulates it. They agree to allow expansion by adding pages whenever needed. The committee members decide to make the wiki available to selected members of their organizations with read-only permissions so that they can follow the updates and plan accordingly before the final document is ready. The stakeholders and users receive updates upon login through the semantic engine based on their specialties. A technical writer is involved in the committee on a part-time basis to review the content once a page is frozen.

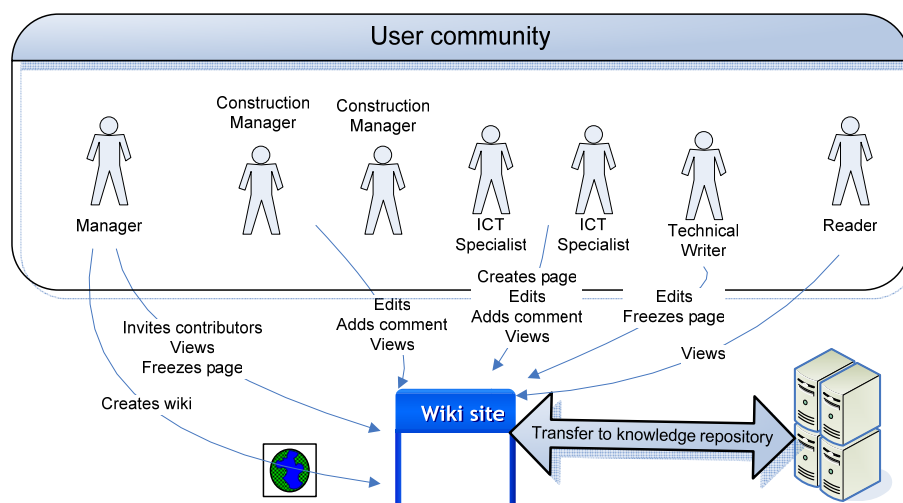


FIGURE 4

USE OF A WIKI TO FORMULATE INDUSTRIAL STANDARDS IN A COLLABORATIVE SETTING

10. FUTURE WORK

For future work, wikis can be used to collaboratively generate ontologies that would give a better representation of knowledge in the construction domain. These ontologies can, in turn, be reintegrated into wikis for enhanced collaboration. The formulation of an ontology is an important step in representing knowledge in a certain domain. If wikis are used, they can gradually enable a more comprehensive coverage of more knowledge areas.

11. CONCLUSION

Wikis are powerful collaboration tools. However a wiki needs a critical mass in order for its users to reap its benefits. Semantic wikis further enhance the role of wikis by utilizing the concept of the Semantic Web to facilitate analysis and sharing of knowledge as well as enhance the user experience. In this paper, we introduced the use of wikis in the construction domain for sharing construction knowledge. It is believed that enhancing knowledge sharing in the construction industry would have a positive effect on advancing the current processes through better documentation and more effective collaboration. We have identified the three main duties of a wiki manager as: maintaining a healthy wiki and preventing abuse, attracting knowledgeable participants, and employing control mechanisms. Finally, a design for a semantic wiki was also proposed. In general, wikis can be of extreme benefit in collecting and structuring the knowledge that is often scattered among the several entities in the construction domain.

REFERENCES

- [1] Bejune, M. (September 2007) Wikis in Libraries. *Information Technology and Libraries*; 26, 3; *ABI/INFORM Global*. pg. 26.
- [2] El-Diraby, T. E., Lima, C. and Feis, B. (2005). Domain taxonomy for construction concepts: toward a formal ontology for construction knowledge. *Journal of Computing in Civil Engineering*. American Society for Civil Engineers (ASCE).
- [3] Kiesel, M., Schwarz, S., van Elst, L., and Buscher, G. (2008). S. Bechhofer et al. (eds.) Mymory: enhancing a semantic wiki with context annotations. *ESWC 2008, LNCS 5021*. pp. 817–821.
- [4] Klobas, J. (2006). *Wikis: Tools for Information Work and Collaboration*. Chandos Publishing.
- [5] Lange, C. et al. (eds.) (2008). SWiM – A Semantic Wiki for Mathematical Knowledge Management. *ESWC 2008, LNCS 5021*, pp. 832–837.
- [6] Molnár, M., Andersson, R. and Ekholm, A. (2007). Benefits of ICT in the construction industry – characterization of the present situation in house-building processes. *Proceedings of the International Conference on Information Technology in Construction (CIB-W78)*.
- [7] Randolph, D. (1993). Civil engineering for the community. *American Society of Civil Engineers*.
- [8] Rebolj, D. (2006). Civil Engineering Communication – Obstacles and Solutions. I.F.C. Smith (ed.): *EG-ICE. LNAI 4200* pp. 554 – 558.
- [9] Schaffert, S., Bry, F., Baumeister, J. and Kiesel, M. (July/August 2008). Christof Ebert (ed.). Semantic wikis. *IEEE Software*.
- [10] Shih, W., Tseng, S. and Yang, C. (2008). Wiki-based rapid prototyping for teaching-material design in e-Learning grids. *Computers & Education* 51. 1037–1057.
- [11] Udeaja, C. et al. (2008). A web-based prototype for live capture and reuse of construction project knowledge. *Automation in Construction* 17. pp. 839–851.
- [12] Wikipedia. (December 15, 2008). Wikipedia. In Wikipedia. Retrieved <http://www.wikipedia.org>.
- [13] Wikitravel. (November 9, 2008). Main Page. In WikiTravel. Retrieved <http://www.wikitravel.org>.

XML BASED FORMAT FOR THE EXCHANGE AND THE STORAGE OF BIBLIOGRAPHIC RECORDS

Dimitri Busch (1)

(1) Fraunhofer-Informationszentrum, Raum und Bau IRB, Nobelstrasse 12, 70569 Stuttgart (Germany), dbu@irb.fraunhofer.de

1. INTRODUCTION

Bibliographic references play an important role in the knowledge management, especially in research institutions [9]. The purpose of the article is to describe a XML based approach to the exchange and the storage of bibliographic records by the example of the International Construction Database (ICONDA). The ICONDA is a bibliographical database covering the worldwide literature on all fields of building construction, civil and construction engineering, architecture and town planning [6].

2. APPROACHES TO THE BIBLIOGRAPHIC METADATA EXCHANGE

The ICONDA Communication Format (ICF) is currently used for the information exchange between the ICONDA database, information providers and information users [2]. The ICF supports the ISO 2709 [5] standard that is also supported in other common exchange formats, e.g. in CCF [8] and MARC [1]. Although the ICF provides a fine bibliographic description of various literature types, it is difficult to create and to process the data because of the complicated record structure. The format also has some restrictions for multilingual literature titles. These problems can be solved by means of the XML format because the format is easy to read, can be processed by standard parsers and supports various character encoding systems. The existing approaches to the bibliographic metadata exchange with the XML can be divided into formats that emulate data structures of the ISO 2709 standard, e.g. MARCXML [7] and MarcXchange [4], and formats that are independent from the ISO 2709, e.g. MODS [1] and EXodic [3]. After the studies of these approaches, we have developed the Bibliographical Metadata Format (BMF) that is based on the XML, and supports existing data elements from the ICF and ISO 2709. The BMF is covered below.

3. BIBLIOGRAPHICAL METADATA FORMAT (BMF)

The BMF uses the XML element `<record>` to describe a bibliographical record. The `<record>` element consists of a set of child `<datafield>` elements that describe data fields. A data field is identified by the *tag* attribute. For example, the tag 200 identifies a data field that consists of a title, and the tag 300 identifies a field that consists of a person name. Each `<datafield>` element consists of one or more child `<subfield>` elements. A `<subfield>` element has a *code* attribute that identifies the subfield. For example, the subfield “A” of the data field 300 consists of a family name of a person. The field tags and subfield codes are compatible with the ICF. A BMF record can be logically divided into segments that are important to describe publications that are parts of other publications. The segments are identified by the *segment* attribute of the `<datafield>` element.

A sample record that describes a book article is shown in Fig. 1. The record consists of two segments (0 and 1). The first segment (0) describes an article. The article has the title “Modern Architecture”. The second segment (1) describes a book that consists of the article. The book has the title “Architectural Styles” and the author “Max Mustermann”.

```
<record identifier="id001" status="a" level="a">
.....
    <datafield tag="200" segment="0" ind1="0" ind2="1">
        <subfield code="A">Modern Architecture</subfield>
    </datafield>
.....
    <datafield tag="200" segment="1" ind1="0" ind2="1">
        <subfield code="A">Architectural Styles</subfield>
    </datafield>
    <datafield tag="300" segment="1" ind1="0" ind2="0">
        <subfield code="A">Mustermann</subfield>
        <subfield code="B">Max</subfield>
        <subfield code="E">020</subfield>
    </datafield>
.....
</record>
```

Fig. 1: Elements of a sample record in the BMF

4. CONCLUSION

The BMF records can be easily created and processed because they are based on the XML. It is also not complicated to convert bibliographical records from the ICONDA Communication Format (ICF) into the BMF because the BMF supports existing data elements from the ICF.

The new format can be used not only to exchange bibliographical records, but also to store the records in the database. The newly reimplemented ICONDA database is currently using the SQL Server 2005 to store bibliographical records in the BMF. It is also possible to execute the full text indexing and retrieval of the records.

REFERENCES

- [1] Guenther, Rebecca, “New and traditional descriptive formats in the library environment“. DC2004 IFLA session, 2004. 9 Mar. 2009 <dc2004.library.sh.cn/english/prog/ppt/ifla.ppt>
- [2] ICONDA Agency, “ICONDA communication format: format for the exchange of records in the frame of the international construction database“. Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau (IRB). 5.ed. Stuttgart: IRB Verlag, 1990
- [3] INIST, „EXodic - The INIST exchange format“. INIST-Institute for scientific and technical information. Nancy (France). 9 Mar. 2009 <http://international.inist.fr/article159.html>
- [4] ISO 25577 Standard „Information and documentation. MarcXchange“. International Organization for Standardization. Geneva: ISO, 2008
- [5] ISO 2709 Standard “Information and documentation. Format for information interchange“. International Organization for Standardization. 3.ed. Geneva: ISO, 1996
- [6] International Construction Database (ICONDA). Fraunhofer- Informationszentrum Raum und Bau (IRB). Stuttgart. 9 Mar. 2009 <http://www.irbdirekt.de/iconda/>
- [7] The Library of Congress, “MARCXML. MARC 21 XML Schema“, 2008. 9 Mar. 2009 <http://www.loc.gov/standards/marcxml/>
- [8] UNESCO, “CCF: The Common Communication Format“. Paris: UNESCO, 1988

[9] Wilde, Erik, “References as Knowledge Management”. Swiss Federal Institute of Technology, 2004. 16 Mar. 2009, <<http://www.istl.org/04-fall/article4.html>>

VALIDATION OF A SYSTEM FOR PLANNING AND DESIGN OF CONSTRUCTION SITE LAYOUTS

Marcia Regina de Freitas (1); Eduardo Toledo Santos (2);

(1) Escola Politécnica, University of São Paulo, Brazil, marciar.f@ig.com.br

(2) Escola Politécnica, University of São Paulo, Brazil, eduardo.toledo@poli.usp.br

Abstract

The research depicted in this article was developed aiming to contribute with construction site layout planners by offering computer resources to help in their decision-making process and to visualize the spatial distribution of the elements in the construction site. Professionals that do planning of construction site layout very often do it relying only on experience gained throughout their professional life and being supported by information in spreadsheets, written reports, graphics etc. IT resources are underused in civil construction while in other industries they are widely used in many processes. From this fact, a research was developed trying to increment the application of computer resources in construction site planning, requiring from users only a basic knowledge on computers. Then, a tool was created to help the planner in management of data about material storage and consumption, besides the visualization of the spaces available for the elements to be distributed in the construction site. It is expected that the application of these resources in layout planning would lead to a construction site design process that requires lower abstraction level from the planner and facilitates the layout updating during the execution. One of the developed tool's characteristics is to use initial data input from planning made in MS Project, reducing possible difficulties to obtain such information at the beginning of user interaction. Other innovations were introduced with this tool, such as: support for designing a layout for each construction phase; offering an integrated work environment where needed information is available; the decision on the layout is based on technical analysis with consumption / stock graphics and interactive visual support for positioning construction elements. After development, the innovations were tested; professionals evaluated the system and gave their opinions and suggestions to evolve the tool. Results of these tests are presented in this article, as well as a brief description of the system.

Keywords: Civil Construction, Construction Site, Information Technology, Layout.

1. INTRODUCTION

Planning the construction site layout is an important activity to improve the performance of work in the site and to reduce displacements of materials and equipment and the lack of space for them [1]. Along with many other planning activities, the design of the site layout is vital to the smooth progress of a construction, from its beginning to the site demobilization. Nevertheless, the way site layout is prepared nowadays, in most of companies, requires planners to keep in their minds information about logistics, logical construction sequence and about economic resources utilization regarding the spatial and time domains [2].

In the modernization process occurring in civil construction since the last decade, construction companies aim to be competitive by developing technology, implementing new tools and upgrading its industries and organizational management [3]. Software companies have offered some computational tools for helping planners and facilitate the management of information generated during construction site design. Theoretical approaches using information technology were also developed in universities with the same objective. Some methodologies used for layout are: Genetic Algorithms [4][5], Expert Systems [6], and Artificial Neural Networks [7] among others.

Considering the importance of the preparation and update of the construction site layout, a computational tool named *SAP-LCO Virtual* (Virtual Support System for Planning Construction Site Layout) was developed to help planning it, providing basic features to the professionals on resource and management areas. Through data obtained from MS Project, the

user can analyze and make decisions regarding the stock of materials on each day, division of the total construction period in different phases with different layouts as well as the distribution of storage areas and equipment in the site area.

Professionals responsible for construction site planning were presented to the tool and evaluated it. They planned a part of a site using the tool and gave their opinions about the usefulness of a system such as the *SAP-LCO Virtual* if applied in their work. The main objective of these tests was to validate the developed tool, capturing the points that really contribute to the improvement in the preparation and updating of site layouts. During these tests it could be observed and confirmed the feasibility of system implementation in civil construction. Moreover, the tests shown that a tool like *SAP-LCO Virtual* leads the professional to look for things that often are only noticed on the implementation of some activities during the construction.

Besides a brief description of the features of *SAP-LCO Virtual*, the professionals' opinions and criticisms about the system and the special characteristics they would like implemented in the software to fulfill their company's needs are described in this work.

2. THE SAP-LCO VIRTUAL

The whole system was developed using open source tools. PHP, JScript and Java were the programming languages used for development. MySQL was chosen as the database management system.

2.1 BRIEF SYSTEM DESCRIPTION

The computational system *SAP-LCO Virtual* was developed to support planning and updating of construction site layouts. Before starting the system development, an initial research was done to know the professionals' site layout planning process. The objective was to improve the planners' work automating activities that were manually made or with the help of non-specialized tools like spreadsheets and other ways [8]. Some planners do not use any formal process. Others adopt or adapt some planning processes published in the literature. One of those was chosen for use in the developed system [9]. In addition, it is expected that a previous planning was done using MS Project. A time schedule for each construction task, as well the resources it demands, are needed.

After logging in, the system's first screen (Figure 1) shows a workflow of activities the user is supposed to perform (clicking in each workflow box activates the respective module). It starts with the uploading of the MS Project file containing tasks and resources for the project as well image files with the site plan view, its topography, etc. to be used as background on the site layout visualization module.

When using the system, the main goal of the user is to draw a layout for each phase of the construction execution (if splitting of the total construction period in more than one phase is necessary). To that end, two pieces of data are necessary, besides a top view of the construction site:

- a) List of materials and equipment (along with their maximum quantities) that needs to be stored for each phase;
- b) Area (footprint) required for storing each item of the above list.

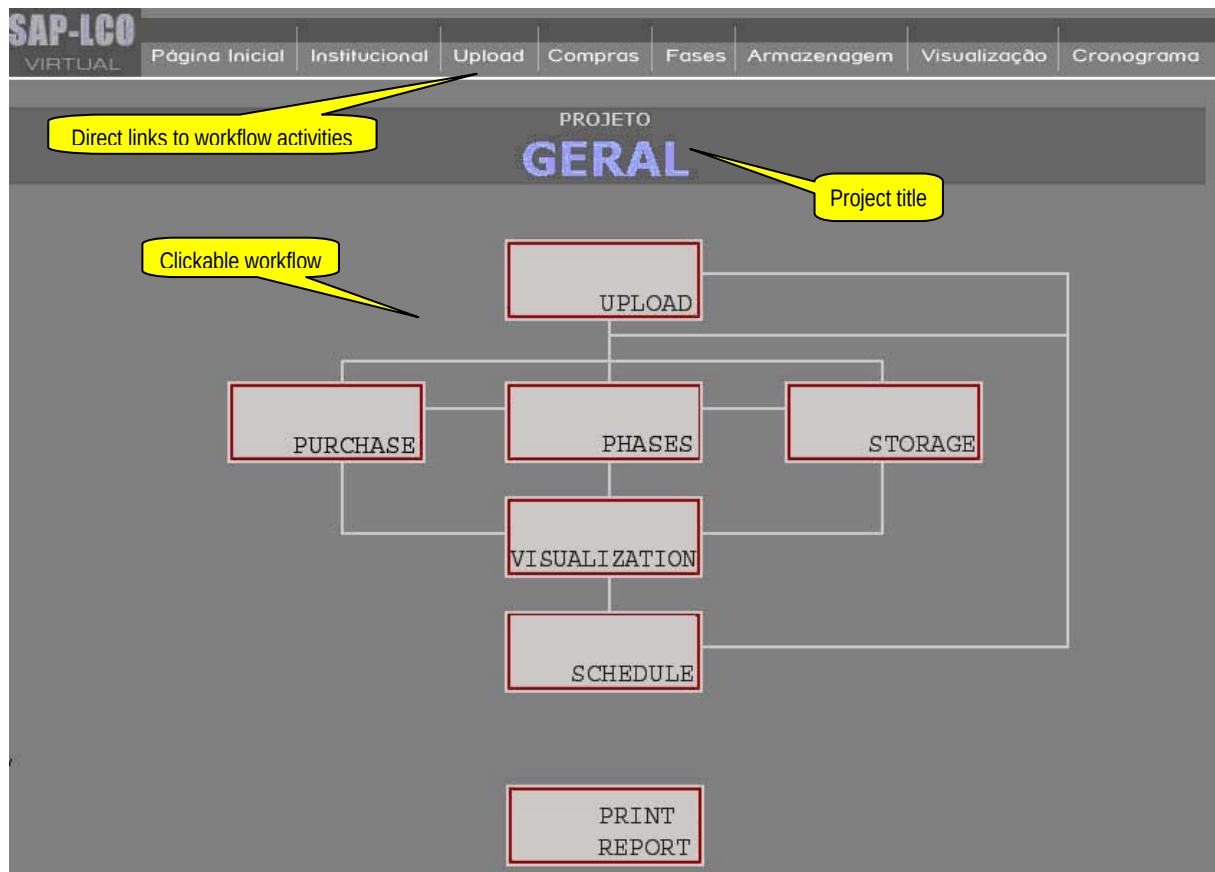


FIGURE 1

SAP-LCO VIRTUAL'S (TRANSLATED) FIRST SCREEN, SHOWING THE INTENDED INTERACTION WORKFLOW.

Using data from the MS Project file uploaded into the system, it is possible to visualize graphs for each resource (Figure 2) showing: i. daily material/equipment demand; ii. stock level; iii. restocking threshold (minimum stock level); and iv. peak stock level of current phase. Also, a green vertical line is displayed at the transition between phases.

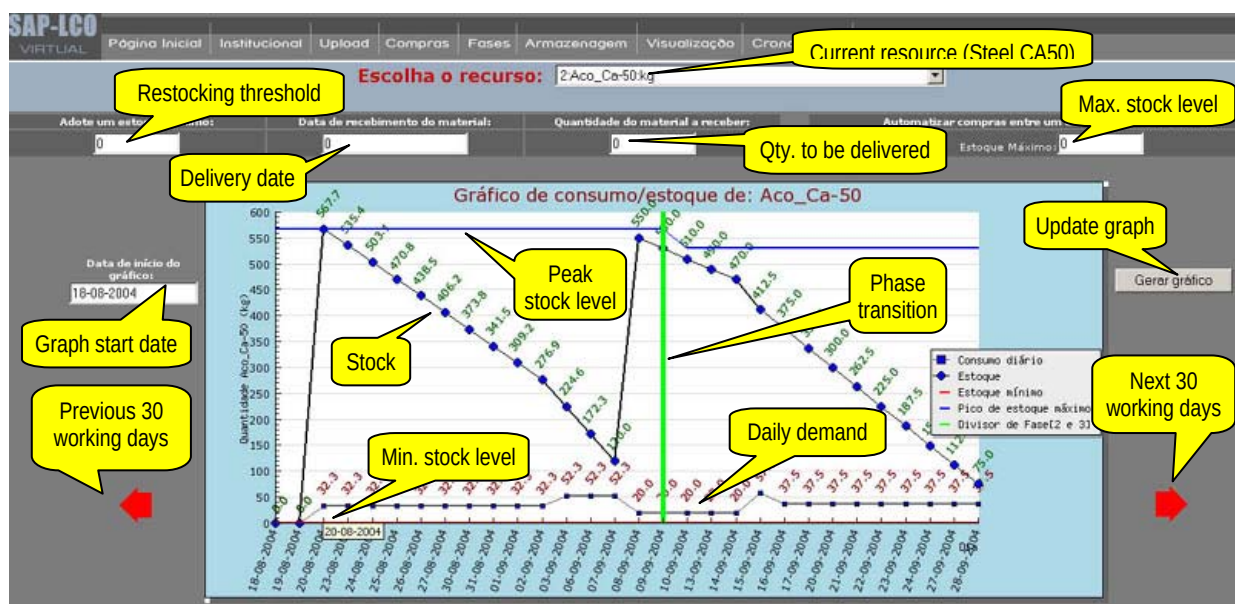


FIGURE 2

PURCHASE PANEL WITH STOCK/DEMAND GRAPH FOR SETTING MATERIALS DELIVERY DATES AND QUANTITIES.

On this module, the user can specify new material purchases, inputting their delivery dates and quantities, so that the stock levels do not reach below the restocking line.

According to the data on this graph, a peak stock level for each material is calculated. This is the data of item a) of the list of system's required information.

Calculation of item b), footprint areas, requires knowing how each material will be stored (piles, bags, etc.) and how to translate quantity of material to volume and footprint area. The form of storage for each material is chosen by the user in another screen. The user can also specify custom dimensions for bags, blocks, maximum height for block piles, among other parameters that influence this calculation.

If the user identifies that the space on the construction site is not enough for accommodating the peak levels of material storage and/or equipment, he can decide to have more than one layout during the construction. To that end, another system screen ("Phases") allows the user to set and manage starting dates of up to 5 phases. If consulting the project schedule is necessary to define those dates, yet another system module ("Schedule") allows its visualization, as if using the MS Project.

Finally, the last system component ("Visualization") is for visualizing and editing the construction site layout (Figure 3).

In the graphic bottom area, the user can visualize the construction site, choosing as background one of the images she uploaded in the first step. Above this area there are tabs for visualizing the layout for each phase (three phases were defined, in Figure 3). Each material storage area and equipment is represented by a colored box, its size scaled according to calculated dimensions. Cranes have a transparent circle centered on it representing its reach.

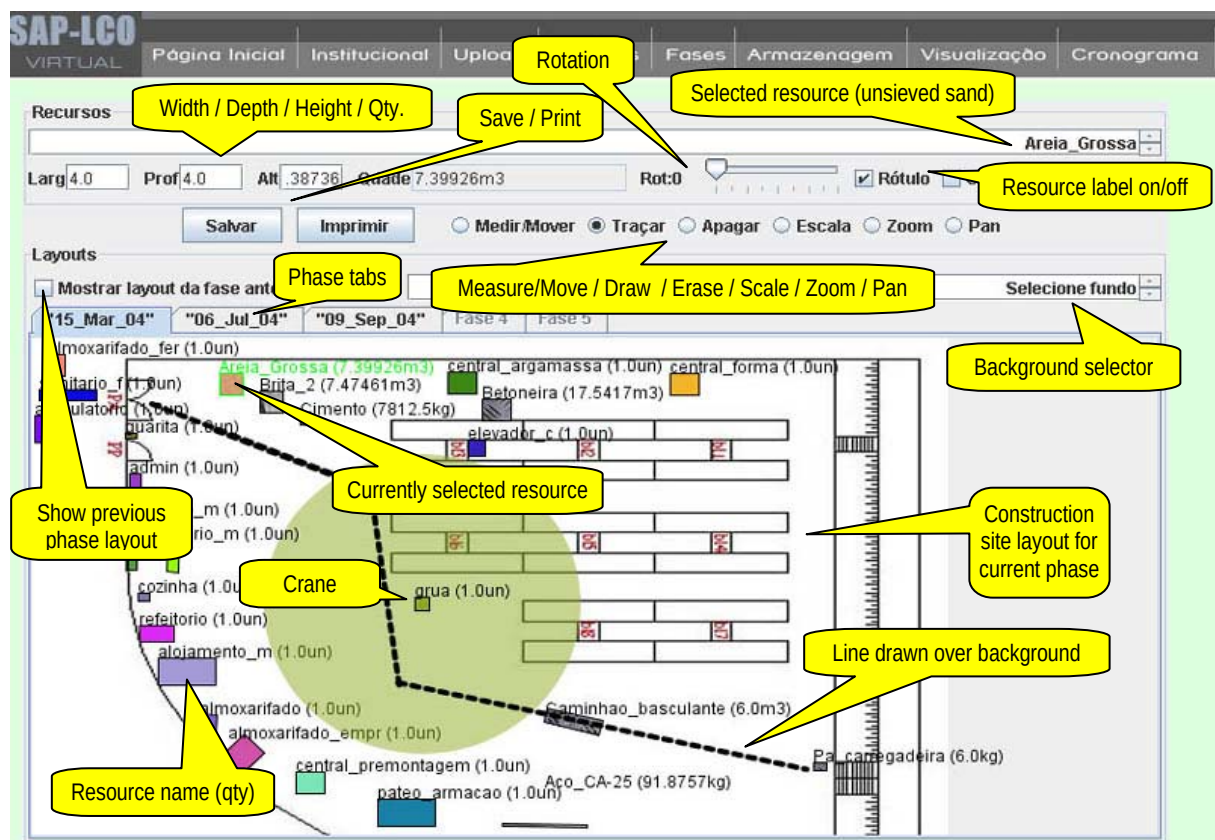


FIGURE 3
MODULE FOR VISUALIZING AND EDITING THE CONSTRUCTION SITE LAYOUT(S).

The user can drag and/or rotate each element, positioning them on the available area. If it is necessary to change dimensions of any area, the user can do so using the parameter boxes near the top of the interface. The system will keep the material quantity constant, adjusting other dimensions. The interface also has visualization controls (pan, zoom) as well as others to measure distances, draw lines, define scale, save, print etc.

2.2 EVALUATION METHOD

After finishing the first version of the system, planners were invited to know about and interact with it. Five construction companies participated on the evaluation tests. A total of seven professionals and one trainee could try *SAP-LCO Virtual* and collaborate giving their opinions and suggestions about the tool. Some of these companies have already collaborated before with this research, offering information during the development phase.

The tests were done in a five-month period with meetings to show the system and present the functionalities and resources available. Also, hands-on trials were arranged. After that, a questionnaire was applied to get their main opinions about the usefulness and functionalities of *SAP-LCO Virtual* when performing in a real environment.

3. EVALUATION RESULTS

The result was positive, i.e., most of surveyed professionals think that *SAP-LCO Virtual* is a useful tool when applied in their way of doing layout planning.

The questionnaire had five questions:

1. Did you use MS Project in construction planning?
 - 60% of them answered that they use MS Project in their construction planning, even if only to make the time schedule (without resources assigned to tasks).
2. Did you easily understand the logic of *SAP-LCO Virtual*?
 - 100% mentioned they could easily understand the logic and the concept of the system.
3. Are the system's resources adequate to your work? What would you change? What would you add or remove?
 - 100% answered that the system as presented was suitable to their work process. One professional answered that layouting for phases and thinking about the area required by materials, before the construction starts, contributes with site operation and with the construction progress.
4. What is your opinion about the following system's resources:
 - a) Using MS Project file as input to the system.
 - It was considered easy to understand and to import planning information from MS Project. Despite the MS Project software being known to all of them, its use was considered a possible problem as this was not always part of their company's standard procedure.

- b) Graphic charts to control stock level of materials.
 - Consulted professionals answered that it is useful for helping them to control material quantities and by defining minimum stocks.
 - c) Definition of storage alternatives and their standard dimensions.
 - It was answered that this is interesting and it was important to be able to configure item sizes in accordance with each company's internal standard.
 - d) Module for visualizing and editing layouts.
 - This item was considered useful and it was easy to visualize and edit the layouts. It helps to find feasible locations for elements in the construction site.
 - e) Division of construction period in phases.
 - This feature contributes for planning different layouts according to the construction stages, avoiding unforeseen changes in locations during the construction development.
5. Please, comment about the system and indicate its pros and cons.
- Pros:
 - Definition of storage areas;
 - Visualization module;
 - Efficient idea for site construction planning;
 - Helps the management in site;
 - Facilitates construction day by day;
 - Practical system and with fast feedbacks;
 - Cons:
 - Need for adjustments for use in different construction companies;
 - Probable difficulty with the use of MS Project's file;
 - More time need to use the tool and give more informed opinions.

4. CONCLUSIONS

The tests showed the importance of a simple tool like *SAP-LCO Virtual* to be integrated with the site construction planning process of professionals in civil construction. It introduces technology innovations to planners that still do it manually using only spreadsheets, written reports, etc.

In tests applied to planners, when they were asked about the system resources, most of them evaluated that they could use the system without any problem and that it would increment the quality in their planning.

These tests contributed to verify that a tool developed with this objective, like *SAP-LCO Virtual*, aggregated value in the layout planning process.

A problem detected by user's evaluation is that the use of MS Project is, in some cases, restricted to preparing the time schedule, usually combined with other software that complements the planning process, like MS Excel. Then, for these users, all the information needed for the system is not immediately available, as data on resource utilization is also a system requirement.

It is clear that more extensive testing is needed, so that users apply the system in real cases to be able to fully detect system deficiencies. Nonetheless, the evaluation presented here showed the system's concept is valid and useful for its intended users.

ACKNOWLEDGMENT

To CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – for the partial support of this research.

REFERENCES

- [1] Wakamatsu, A.; Souza, U. E. L.; Cheng, L. Y. “Metodologia para o desenvolvimento de sistemas computacionais de auxílio ao planejamento do arranjo físico de canteiro de obras”. *Proceedings SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO*, 1º, Recife, 1999. 9p.
- [2] Chau, K.W.; Anson, M.; Zhang, J.P. “Implementation of visualization as planning and scheduling tool in construction”. *Building and Environment*, Netherlands: Elsevier Science B.V., n. 38. Issue 5. may 2003. p. 713-719.
- [3] Hernandez, F.S.; Jungles, A.E. “Análise da importância do planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras”. *Proceedings SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO (IV SIBRAGEC) e Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção (I ELAGEC)*, Porto Alegre, 2005, 10 p. Available at <http://www.infohab.org.br>. Accessed on 01/15/2009.
- [4] Li, H.; Love, P. E. D. “Genetic Search for Solving Construction Site-Level Unequal-Area Facility Layout Problems”. *Automation in Construction*, Netherlands: Elsevier Science B.V., n. 9. 2000. p. 217-226.
- [5] Jang, H.; Lee, S.; Choi, S. “Optimization of floor-level construction material layout using Genetic Algorithms”. *Automation in Construction*, Netherlands: Elsevier Science B.V., n. 16. Issue 4. July 2007. p. 531-545.
- [6] Negoita, C.V. “Expert Systems and Fuzzy Systems”. California: The Benjamim/Cummings Publishing Company: 1985. 190 p.
- [7] Choo, H. J.; Tommelein, I. D. “Space Scheduling Using Flow Analysis”. *Proceedings SEVENTH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC-7)*. Berkeley. 1999. p. 299-311.
- [8] Freitas, M. R. ; Santos, E. T. ; Souza, U. E. L. . “Planejamento de Canteiros de Obras: quem sabe faz?”. *Anais do V Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção*, Campinas, Unicamp, 2007.
- [9] Souza, U. E. L. *Projeto e implantação do canteiro*. São Paulo, O Nome da Rosa Editora. 2000. 95p.

O USO DA INFORMÁTICA NA COMUNICAÇÃO GRÁFICA ENTRE PROFISSIONAIS PARCEIROS NO PROJETO DE EDIFICAÇÕES

**Alexandre Monteiro de Menezes (1); Maria de Lourdes Silva Viana (2);
Mário Lucio Pereira Junior (3); Sérgio Ricardo Palhares (4)**

(1) Universidade FUMEC - PUC Minas – UFMG, e-mail: ammenezes@terra.com.br

(2) Universidade FUMEC, e-mail: malu@fea.fumec.br

(3) Universidade FUMEC - PUC Minas, e-mail: mario@fea.fumec.br

(4) Universidade FUMEC, e-mail: z3ap@uol.com.br

Resumo

Este artigo apresenta uma pesquisa desenvolvida na Universidade FUMEC (Belo Horizonte, Brasil) que estudou a influência da tecnologia digital, bem como o uso dos sistemas CAD, na comunicação gráfica entre profissionais parceiros. A pesquisa investigou, inicialmente, como os profissionais envolvidos nos projetos de arquitetura e de estruturas utilizam a tecnologia CAD. Os resultados evidenciaram que o uso das ferramentas informáticas tem acompanhado o raciocínio utilizado na época da cópia heliográfica, caracterizando uma subutilização das potencialidades que os sistemas CAD oferecem. Em seguida, partindo das evidências encontradas, a pesquisa identificou procedimentos para a elaboração e/ou compatibilização dos projetos que contribuam positivamente, ou não, para a qualidade da comunicação gráfica entre os profissionais parceiros.

Palavras-chave: Desenho de arquitetura, CAD, Sistemas construtivos, Projeto de Arquitetura, Projeto de Estruturas

1. INTRODUÇÃO

Na indústria da construção civil, a etapa de projetos tem um papel fundamental na qualidade do empreendimento, constituindo-se a informação gráfica, um dos principais recursos utilizados nessa fase. Com o avanço da tecnologia digital, a difusão da informática e o consequente surgimento dos aplicativos CAD (*Computer Aided Design*), o setor de edificações possui, hoje, excelentes ferramentas para concepção, representação, apresentação e compatibilização de projetos.

No entanto, são recorrentes as falhas, com origem na etapa de projetos, ocorridas durante a execução da obra. Segundo Novaes (1997), resultados de várias pesquisas no sentido da apropriação de dados relativos às incidências e causas de falhas em edifícios, indicam uma média em torno de 35% a 50% de falhas com origem na etapa de projeto. Assim, é necessário que exista, durante toda essa etapa, uma comunicação gráfica eficiente entre os profissionais envolvidos, de forma a minimizar problemas como incompatibilidade de projetos e desperdícios de materiais e mão de obra (retrabalho).

O presente trabalho investiga a influência da tecnologia digital, bem como o uso dos sistemas CAD na comunicação gráfica entre profissionais parceiros envolvidos nos projetos de edificações. Diante das evidências que apontam para uma subutilização das potencialidades que as ferramentas informáticas oferecem, essa pesquisa tem como objetivo identificar procedimentos que facilitem a utilização da informação gráfica digital de forma mais dinâmica e possam servir como base para o estabelecimento de diretrizes, visando à eficácia dos processos de planejamento e construção de edifícios. Essas diretrizes poderão possibilitar a sistematização de informações e indicadores que propiciem ações para controle e garantia da qualidade dos projetos.

2. COMUNICAÇÃO GRÁFICA ENTRE PROFISSIONAIS PARCEIROS

Segundo Menezes *et al.* (2007), antes do advento do sistema CAD, os desenhos, bem como a comunicação gráfica estabelecida entre os profissionais parceiros, eram feitos através de cópias heliográficas, geradas a partir de originais em papel transparente, a tinta ou a lápis – processo limitado que resultava em uma comunicação lenta e imprecisa. O que tem ocorrido é que parte dos profissionais envolvidos na etapa de projeto utiliza o modelo virtual com o mesmo raciocínio do desenho tradicional, estático no papel. E, para o uso pleno da tecnologia CAD, deve-se pensar o objeto modelado virtualmente como um conjunto de informações interativas, reutilizáveis e dinâmicas.

Numa primeira etapa, esta pesquisa investigou a maneira como os profissionais envolvidos nos projetos de arquitetura e de estruturas têm utilizado as tecnologias da informação e da comunicação, mais precisamente o sistema CAD. Os resultados indicam evidências de que o uso das ferramentas digitais tem acompanhado o raciocínio utilizado na época da cópia heliográfica, caracterizando uma subutilização das potencialidades que os sistemas CAD oferecem. Essa primeira etapa correspondeu à pesquisa desenvolvida na Universidade Fumec por Menezes *et al.* (2008), que estudou o impacto da tecnologia digital na comunicação gráfica entre profissionais parceiros no projeto de edifícios, especificamente entre o projeto de Arquitetura e o projeto de Estruturas.

O objetivo foi investigar como vem acontecendo esta comunicação gráfica na construção de edifícios em Belo Horizonte, nos últimos três anos, diante da tecnologia CAD. Para isto, foi escolhido o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Minas Gerais, CREA-MG, para obtenção dos dados a serem pesquisados.

A hipótese investigada e comprovada foi que os profissionais envolvidos nos projetos de Arquitetura e Estruturas utilizam a tecnologia CAD com o mesmo raciocínio do desenho tradicional em cópia heliográfica, caracterizando, assim, uma inadequação do uso que os sistemas CAD possibilitam. Os resultados encontrados apontaram para uma subutilização da nova tecnologia, pois os profissionais continuam usando o modelo virtual com o mesmo raciocínio de um desenho estático no papel. O produto final desta investigação foi um diagnóstico da situação atual da comunicação gráfica entre profissionais parceiros. Este diagnóstico foi gerado através de uma pesquisa de campo, com o uso de questionário aplicado numa amostra de profissionais arquitetos (responsáveis técnicos pelo projeto arquitetônico) e engenheiros civis (responsáveis técnicos pelo cálculo estrutural).

Em relação à comunicação interna, apesar de todos os escritórios utilizarem a informática em algum momento do projeto, nem todos os procedimentos são informatizados. Uma das possíveis razões é a limitação do tamanho das telas ou monitores de vídeo, que em alguns casos leva a necessidade de uma impressão ou plotagem, para que se possa ter a visualização geral do projeto. De acordo com os dados levantados, os profissionais demonstram o pouco ou inadequado uso das ferramentas informáticas uma vez que os mesmos afirmam que:

- editam valores das cotas (16,7% dos arquitetos e 5% dos engenheiros). Esta prática se apresenta pouco adequada, uma vez que os programas computacionais utilizados pelos engenheiros calculam a estrutura a partir das dimensões do desenho eletrônico elaborado pelo arquiteto. Se o desenho não corresponde com o valor da cota, o engenheiro é obrigado a redesenhar o arquivo do arquiteto, de forma que o mesmo apresente as dimensões indicadas na cota;
- fazem a montagem do formato para plotagem em ambientes diferentes (44,4% no *Model Space*, 55,6% no *Paper Space*, para os arquitetos contra 77,2% no *Model Space*, 27,8% no *Paper Space*, para os engenheiros); esta prática não utiliza a potencialidade das

ferramentas CAD das versões mais atuais, uma vez que o ambiente *Paper Space* permite colocar os modelos em escalas diferentes sem alterar as dimensões reais do desenho (aquele que será inserido nos programas de cálculo estrutural);

- a não sistematização na organização dos *layers*, - 68% dos arquitetos organizam os *layers* de maneira tal que não facilita a separação de objetos de interesse para o cálculo estrutural, parecendo desconsiderar o profissional que usará seus arquivos. Para o engenheiro, não interessa a separação por espessuras de traço, sendo o mais importante à organização de *layers* baseada nos elementos arquitetônicos (parede, esquadrias, etc.).

Em relação à comunicação durante o processo de projeto, 90% dos arquitetos afirmaram consultar o engenheiro calculista em alguma etapa do processo. Isto parece não refletir na comunicação gráfica entre os profissionais parceiros, uma vez que, conforme a conclusão anterior, a maioria dos arquitetos organiza os *layers* com o raciocínio da espessura de linha (conforme lógica do método utilizado nas cópias heliográficas), tornando o arquivo inadequado ao uso pelo engenheiro calculista. Tudo isto indica que, no grupo entrevistado, há evidências de que não existem procedimentos que facilitem e tornem eficaz a relação e comunicação entre os projetos, gerando conflitos, re-trabalho e atrasos.

Numa segunda etapa, o presente trabalho identificou, através de estudos de caso, procedimentos adotados por arquitetos e engenheiros que facilitam ou dificultam o processo de comunicação gráfica entre os profissionais envolvidos.

3. DIFICULDADES NA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS

A colaboração entre parceiros é um aspecto bastante relevante na pesquisa realizada. De acordo com Oliveira (2005), para melhorar a qualidade do projeto final, cada profissional deve contribuir com o assunto do seu domínio de forma simultânea, sem que interfira na parte do profissional parceiro, cabendo a cada um apenas sugestão de melhorias e indicação de possíveis problemas.

Grande parte dos problemas do processo de projeto está relacionada com a deficiência na integração dos projetos e na ausência de colaboração dos parceiros envolvidos no projeto (GRILO e MELHADO, 2002). Segundo Weingardt (1996) e Bradburn (1995), *apud* Grilo e Melhado (2002), uma colaboração eficiente entre parceiros pode configurar uma otimização nos canteiros de obras. Ainda segundo Weingardt (1996), *apud* Grilo e Melhado (2002), algumas vantagens dessa colaboração podem ser facilmente identificadas: maior segurança no canteiro de obra, redução de prazos e custo de obras, harmonia entre orçamento e cronograma, diminuição as reivindicações e melhoria na imagem publica das empresas e profissionais.

Existem vários tipos de dificuldades durante a concepção de um projeto que são citadas por Oliveira (2005), dificuldades estas de caráter sistêmico como, por exemplo, uma defasagem no ensino, falta de incentivo à pesquisa, exercício ilegal da profissão e flutuação acentuada na demanda do mercado. Há também dificuldades de caráter estrutural como falta de integração de projetos, inexistência de metodologias de acompanhamento de demanda e uma fragmentação do processo de elaboração de projeto. Há ainda dificuldades no caráter setorial que corresponde à falta de metodologia na gestão da qualidade do processo de projeto, falta de investimentos no aperfeiçoamento da produção, dificuldade na manutenção das equipes existentes, pouca integração entre profissionais, falta de normalização e padronização de procedimentos.

Varalla (2003), *apud* Souto (2006), discorre sobre as questões negativas decorrentes da incompatibilização entre projeto e obra. Para ele as “interrupções não desejadas, aumento de custos e o comprometimento da qualidade do produto” são consequência da falta de integração entre os profissionais parceiros, seus trabalhos e suas funções. Segundo Oliveira (2005), a fase de planejamento do projeto, que atende às necessidades de sistematizar e integrar ações em conjuntos, é capaz de evitar problemas de qualidade de projeto, problemas estes, previstos em estudos de viabilidade e riscos. Caso contrário, o conjunto de ações permaneceria desarticulado e conflitante.

Já para Souto (2006), o processo de planejamento não deve ser tratado apenas como um modelo, mas sim enfatizar a execução da programação, sempre alerta à definição do método construtivo como alocação dos recursos e equação de fundos do empreendimento. Para Santos (2003), um método para identificar e propor alternativas para a gestão do processo de projetos é a análise de sistemas contratuais, a integração e relacionamento entre os agentes e a análise dos fatores do desempenho do empreendimento.

O grande problema parece ser uma questão cultural que está relacionada com a maneira como é ensinado o processo de projetar nos cursos de graduação, que não estimula a elaboração simultânea de projetos.

4. METODOLOGIA

O questionário aplicado na pesquisa realizada na primeira etapa (MENEZES *et al*, 2008) foi reavaliado. Esta reavaliação mapeou equanimemente as respostas dos arquitetos e engenheiros, gerando vários quadros que explicitaram, quantitativamente, os profissionais com procedimentos mais adequados e menos adequados, considerando-se os objetivos da segunda etapa da pesquisa. Esses quadros foram agrupados criando uma tabela didática que facilita a leitura e o entendimento dos dados interpretados. O Quadro 1 ilustra uma parte desta tabela.

PERGUNTAS	Há edição de cotas?			O tipo de organização de layer (camada) utilizada segue o mesmo padrão do engenheiro calculista?			O que é consultado ao eng. calculista durante o processo de projeto? Sist. estrut.? Lançamento de pilares? Vãos de lajes, vigas e balanços? Fundação? Não é consultado.			Os pilares são lançados no projeto antes de encaminhá-lo ao engenheiro calculista?		
	ADEQ.	INADEQ.	NÃO RESP.	ADEQ.	INADEQ.	NÃO RESP.	ADEQ.	INADEQ.	NÃO RESP.	ADEQ.	INADEQ.	NÃO RESP.
ARQUIT. 01												
ARQUIT. 02												
ARQUIT. 03												
ARQUIT. 04												
ARQUIT. 05												
ARQUIT. 06												
ARQUIT. 07												
ARQUIT. 08												
ARQUIT. 09												
ARQUIT. 10												

Quadro 1: Procedimentos mais adequados e procedimentos menos adequados dos profissionais entrevistados

Inicialmente, como critério para definição da amostragem para o estudo de casos, optou-se pela escolha de nove entrevistados, a partir do critério descrito a seguir. Primeiramente foram selecionados três profissionais cujos procedimentos mais recorrentes, listados quantitativamente na tabela, foram considerados mais adequados; em seguida mais três, cujos procedimentos mais recorrentes foram considerados menos adequados, e, finalmente, outros

três a serem escolhidos aleatoriamente. Essa seleção resultaria em uma entrevista com cada um desses profissionais parceiros.

Estas entrevistas impuseram a necessidade de um treinamento, gerando uma entrevista piloto para preparação das demais. Nesta entrevista piloto, seriam observados, sobretudo, dois fatores para garantir a eficiência do método: o tempo, a fim de não absorver os profissionais além do limite mínimo necessário; e a maneira como abordar o assunto, a fim de evitar comentários, por parte dos entrevistadores, impregnados de juízos de valor.

A partir dessa experiência foi possível sistematizar um roteiro de perguntas para orientar as entrevistas. Esse roteiro seria apenas um guia para o entrevistador, visando manter o foco nos objetivos da pesquisa e dando, ao mesmo tempo, liberdade aos entrevistados para transcorrer sobre o assunto, sem a influência dos entrevistadores. A experiência da entrevista piloto também impôs uma mudança no universo da amostragem, ainda em definição, considerando-se os limites de tempo para desenvolvimento da pesquisa e também uma expectativa de repetição das respostas. Passou-se a considerar, provisoriamente, a partir daí, três arquitetos e três engenheiros a serem entrevistados.

A partir desses nomes foram feitos contatos com os profissionais selecionados, para agendamento da entrevista. A dificuldade de contato com alguns profissionais, impôs a troca de alguns nomes, considerando sempre a sequência dos profissionais listados na tabela.

As entrevistas foram gravadas em áudio, garantindo a coleta integral dos dados. Em seguida estes dados eram organizados por meio da transcrição literal das entrevistas, garantindo o anonimato dos entrevistados. As transcrições realizadas foram apresentadas, durante as reuniões, para todo o grupo de pesquisa.

Na etapa seguinte discutiu-se a melhor metodologia para análise e conclusão dos dados coletados nas entrevistas. Optou-se pela fragmentação em parágrafos, frases e recorrências, explicitando assuntos que dissessem respeito aos procedimentos dos entrevistados. Para essa fragmentação foi feita uma experiência piloto com uma das entrevistas, onde foram destacados, por meio de frases, procedimentos considerados facilitadores e dificultadores da comunicação entre os profissionais parceiros.

Em seguida, a experiência foi aplicada separadamente em cada uma das seis entrevistas, onde os procedimentos foram dispostos e sistematizados em quadros gerais com três colunas para melhor visualização e contagem de recorrências dos mesmos. Em seguida foi montado um quadro síntese que faz o cruzamento das informações dos quadros gerais, com o objetivo de sistematizar as análises e as conclusões acerca dos dados coletados e organizados.

5. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Todas as entrevistas foram cuidadosamente transcritas sem interferências e correções por parte dos entrevistadores. Foi mantida a maneira coloquial e informal da conversa.

Cada texto das entrevistas foi discutido pelo grupo, tendo sido realçadas e assinaladas frases consideradas de interesse para esta pesquisa. A marcação de tais frases possibilitou a fragmentação do texto em parágrafos tidos como significativos, para melhor entendimento e retirada de procedimentos, que foram classificados em facilitadores e dificultadores da comunicação gráfica entre profissionais parceiros no projeto de edifícios.

Parágrafo (Retirado da Entrevista)	Procedimentos Facilitadores	Recorrência	Procedimentos Dificultadores	Recorrência
Faço o projeto de arquitetura pensando no lançamento estrutural. Em alguns casos envio o projeto arquitetônico com os pilares pré-lançados (idealizados).	pensando no lançamento estrutural (<i>Previsão das instalações e da estrutura no projeto arquitetônico.</i>)	4		
Existe normalmente uma empresa especialista responsável só pela compatibilização. O complicado é compatibilizar o projeto estrutural. O elétrico e hidráulico são tranquilos.	Existe normalmente uma empresa especialista responsável só pela compatibilização. (<i>Compatibilização por empresa especializada.</i>)	6		
O topógrafo às vezes edita cota, então o desenho passa a ser não confiável. Por isso eu prefiro trabalhar com algum de minha confiança. A estagiária é responsável por verificar as cotas			O topógrafo às vezes edita cota. (<i>Editar cota</i>)	8
O escritório tem regras de uso de layers, de arquivamento de projetos. Há uma espécie de manual a ser seguido.	O escritório tem regras de uso de layers. (<i>Padronização de layers.</i>)	7		
O escritório tem regras de uso de layers, de arquivamento de projetos. Há uma espécie de manual a ser seguido.	O escritório tem regras de arquivamento. (<i>Padronização de arquivamento de projetos.</i>)	8		

Quadro 2 – Exemplo de fragmentação das entrevistas

Foram entrevistados dois grupos diferentes de profissionais envolvidos no projeto de edificações, a saber: o primeiro grupo é formado por três arquitetos e o segundo por três engenheiros calculistas de estruturas. Desta forma, os dados coletados possibilitaram a elaboração de quatro listas, sendo duas listas (procedimentos facilitadores e dificultadores) para cada grupo de profissionais. Deve-se destacar que os procedimentos listados foram extraídos das entrevistas com os profissionais parceiros, refletindo assim a opinião de um grupo de profissionais atuantes no mercado de construção civil em Belo Horizonte, no ano de 2008.

Assim, o Quadro 2 ilustra a fragmentação adotada para a extração de trechos indicativos de algum procedimento. Na primeira coluna estão os parágrafos selecionados. Na segunda coluna, está destacada a frase considerada relevante para identificação apenas de procedimentos considerados facilitadores. Na mesma célula, em itálico, vê-se a frase síntese, elaborada pelo grupo, na intenção de definir o procedimento identificado. Cada procedimento identificado recebeu um número - que aparece na terceira coluna - que foi sendo acrescentado a uma lista de procedimentos, que serviu de base para a análise da recorrência nas entrevistas seguintes. Este número permitiu verificar os procedimentos que mais apareceram nas entrevistas e ordená-los em função da recorrência. A expectativa, nesta etapa de organização dos dados, era de que fosse encontrada alta recorrência dos procedimentos facilitadores.

Com relação aos procedimentos considerados dificultadores, adotou-se a mesma sistemática de análise dos dados coletados. Assim, na quarta coluna do Quadro 2, estão as frases levantadas das entrevistas com indícios de procedimentos considerados dificultadores pelos entrevistados. Em itálico, está, em cada célula, a síntese que define o procedimento dificultador identificado e na coluna seguinte está a sua recorrência.

6. PRODUTO GERADO A PARTIR DA ANÁLISE

O produto que foi possível gerar através da análise apresentada acima é constituído por uma lista de procedimentos, classificados como facilitadores e dificultadores, da comunicação entre profissionais parceiros.

A seguir, apresentam-se os dois quadros com as listas de procedimentos identificados nas entrevistas e suas recorrências. No primeiro quadro (Quadro 3), a primeira coluna mostra o número do procedimento facilitador. A segunda coluna contém o procedimento identificado. A terceira coluna indica a sua recorrência.

Id.	Procedimento	Recorrência
1	Pré-avaliação da estrutura por um calculista;	1
2	Reunião presencial;	1
3	Desenvolvimento integrado dos projetos;	1
4	Previsão das instalações e das estruturas no projeto arquitetônico;	3
5	Uso do correio eletrônico como forma de comunicação;	2
6	Compatibilização dos projetos por empresa especializada;	1
7	Padronização de <i>layers</i> ;	2
8	Padronização de arquivamento;	2
9	Comunicação por meio de fotografias;	1
10	Uso de <i>software</i> para controle de atualização do desenho;	1
11	Compatibilização pelo próprio arquiteto;	1
12	Seguir ordem clássica de desenvolvimento de projeto - ante projeto arquitetônico, ante projeto complementar, executivo arquitetônico, executivo complementar;	1
13	Contratação do pacote completo;	1
14	Submeter o estudo preliminar aos parceiros;	1
15	Uso do arquivo <i>CAD</i> como forma de comunicação;	1
16	Desenhar o projeto complementar sobre o arquivo da arquitetura;	1
17	Uso do telefone como forma de comunicação;	1
18	Comentário dentro do arquivo <i>CAD</i> ;	1
19	Desenhar o projeto arquitetônico sobre o arquivo do topógrafo;	1
20	Padronização de <i>layer</i> com matérias em separado – ABNT;	1
21	Possibilidade de colaboração entre profissionais;	1
22	Uso do arquivo digital para compatibilização;	1
23	Colaboração somente verbal;	1
24	Contato com o arquiteto;	1
25	Separação dos elementos fundamentais e/ou flexíveis do projeto arquitetônico;	1
26	Elaboração de arquitetura básica pelo arquiteto, definição da concepção estrutural pelo engenheiro e finalização do projeto arquitetônico;	1
27	Detalhamento do Projeto Arquitetônico;	1
28	Reunião presencial entre arquiteto e engenheiros;	1
29	Desenvolver o PE sobre o Projeto Arquitetônico;	2
30	Enviar PE para aprovação do arquiteto;	1
31	Contratar uma empresa gerenciadora;	1
32	Reunião presencial entre engenheiro e empresa gerenciadora;	1
33	Uso do correio eletrônico como meio de comunicação;	2
34	Padronização de <i>layers</i> com matérias em separado;	1
35	Existência da figura do coordenador de projetos;	2
36	Desenvolvimento integrado dos projetos;	1
37	Padronização de <i>layers</i> ;	1
38	Compatibilização dos projetos pelo próprio engenheiro;	1
39	Mesma equipe interdisciplinar;	1
40	Discussão das interfaces durante o processo de projeto;	1
41	Detalhamento do Projeto Arquitetônico;	1
42	Exigência do Projeto Arquitetônico.	1

Quadro 3 – Lista de procedimentos facilitadores

O segundo quadro (Quadro 4) apresenta a lista dos procedimentos dificultadores identificados. Neste quadro, assim como no primeiro, a primeira coluna mostra o número do

procedimento dificultador. A segunda coluna contém o procedimento identificado. A terceira coluna indica a sua recorrência.

Id.	Procedimento	Recorrência
1	Ausência de reunião presencial;	1
2	Não cumprimento do cronograma de entrega de projetos sequenciais;	1
3	Re-desenho sobre o desenho do topógrafo;	2
4	Reorganização de <i>layers</i> ;	2
5	Trabalhar com unidades diferentes;	2
6	Formatar o desenho dentro do arquivo fora da real grandeza;	2
7	Desenhar sem precisão na geometria;	2
8	Editar cota;	1
9	Incompatibilidade de versão de programa;	1
10	Ausência de um gerenciador que atualize e disponibilize em tempo real para todos os profissionais envolvidos;	1
11	Ausência de projetos executivos;	1
12	Falta de capacitação profissional do engenheiro;	1
13	Atribuição profissional inadequada;	1
14	Modificação em projeto não comunicada;	1
15	Falta de capacitação profissional do gerente de projetos;	1
16	Pouca valorização dos projetos;	1
17	Desenvolvimento não integrado dos projetos;	2
18	Soluções improvisadas na obra;	1
19	Redesenho de projeto;	1
20	Ausência de cotas no projeto arquitetônico;	1
21	Não separação dos elementos fundamentais e/ou flexíveis do projeto arquitetônico;	1
22	Reunião presencial não produtiva com todos os envolvidos;	1
23	Pouca valorização do arquiteto;	1
24	Incompatibilidade de versão de programa;	1
25	Decisões com relação ao ajuste das dimensões da estrutura em relação à Arquitetura de maneira independente;	1
26	Edição de cotas;	
27	Desconsideração da estrutura na concepção da forma arquitetônica;	1
28	Ausência de gerenciamento de projetos por parte dos arquitetos;	1
29	Precariedade dos desenhos topográficos;	1

Quadro 4 – Lista de procedimentos dificultadores

7. DISCUSSÃO

A pertinência do tema pesquisado é reforçada por Weingardt (1996) e Bradburn (1995), *apud* Grilo e Melhado (2002), quando afirmam ser necessária uma colaboração eficiente entre parceiros, possibilitando uma otimização nos canteiros de obras. Os resultados encontrados neste trabalho, encontram suporte em Grilo *et al.* (2001), quando afirma ser um erro considerar isoladamente projeto e construção. Confirmam também Saxon (1998) *apud* Grilo *et al.* (2001) que existem tendências históricas revelando falta de integração entre profissionais parceiros.

Os resultados encontrados nesta pesquisa confirmam também o que foi citado por Oliveira (2005), no que se refere à pouca integração entre profissionais, falta de normalização e padronização de procedimentos. Souto (2006) complementa Oliveira (2005), quando coloca que a falta de detalhamento dos projetos com relação à especificidade, métodos construtivos e sequenciais geram uma indefinição.

O presente trabalho confirma os resultados indicados por outros pesquisadores, tais como Oliveira (2005), Grilo (2001,2002), Souto (2006), entre outros já citados anteriormente. Os vários profissionais entrevistados nesta pesquisa apontam para a dificuldade da inconstância das equipes e dos profissionais parceiros, o que gera conflito de integração. Isto está de acordo com o que diz Oliveira (2005), quando afirma que os conflitos decorrentes da

integração entre os diferentes projetos são difíceis de resolver. Para ele, isso se deve ao fato de existir uma variedade de profissionais envolvidos no projeto e na execução de uma construção. Ainda, segundo o mesmo autor, o grupo de profissionais parceiros que cooperam entre si varia de um empreendimento para o outro.

Vale ressaltar que esta pesquisa não está interessada na etapa de concepção de um projeto arquitetônico, como Santos (2001) e Grilo *et al.* (2001), mas sim, na comunicação gráfica digital entre os diversos parceiros que elaboram os projetos envolvidos na construção de uma edificação. Embora esta pesquisa, como diversas outras, aponte para uma subutilização das novas tecnologias, há indícios de que, com a popularização da computação gráfica, grandes mudanças poderão ocorrer no campo da comunicação entre profissionais parceiros. Entretanto, para que esta grande mudança possa ocorrer, os processos de ensino nos cursos de graduação de Arquitetura e Engenharia Civil devem ser revistos.

A pesquisa concorda com Correa (2002), quando ele diz que o problema investigado, ou seja, a comunicação entre profissionais parceiros, tem como base uma questão cultural, relacionada à maneira como o processo de projetar é ensinado nos cursos de graduação, que não estimula a elaboração simultânea de projetos.

8. CONCLUSÃO

Com a lista de procedimentos facilitadores e dificultados da comunicação gráfica entre profissionais é possível estabelecer uma sistematização de diretrizes que contribuam com informações e indicadores que minimizem os problemas decorrentes da pouca comunicação entre os profissionais parceiros. Há expectativa de que tais procedimentos possam possibilitar ações para o controle e garantia da qualidade do processo de projeto de edificações.

Percebe-se, frente à conclusão deste trabalho, a necessidade de outras pesquisas que investiguem o reflexo e o impacto da implementação destes procedimentos no canteiro de obras e na edificação construída. O grupo tem a intenção de investigar futuramente tais desdobramentos.

Tudo indica que estas diretrizes podem dar suporte ao ensino nos cursos de graduação de Arquitetura e Engenharia Civil, procurando estimular a elaboração simultânea de projetos. Nota-se a necessidade de um maior intercâmbio entre as disciplinas dos dois cursos de graduação, na intenção de diminuir o ruído existente na comunicação entre profissionais parceiros. Cita-se como exemplo, os cursos de graduação mencionados acima, na Universidade FUMEC, que apresentam as disciplinas “Introdução ao Projeto de Arquitetura” (Engenharia Civil) e “Sistemas Estruturais” (Arquitetura e Urbanismo), cujos conteúdos programáticos poderiam ser utilizados como campo de experimentação de novas metodologias de ensino integrado.

Verifica-se uma boa oportunidade de aferir a validade destas propostas metodológicas na Universidade FUMEC, uma vez que esta possui os dois cursos de graduação estabelecidos em uma mesma unidade, com laboratórios de informática e *softwares* apropriados para implementação das sugestões acima.

REFERÊNCIAS

BRADBURN, J. **Can architects return to the construction site via partnering? Partnering in design and construction.** New York: McGraw-Hill Book, 1995. *apud* GRILO, Leonardo M.; MELHADO, Silvio B. **As mudanças no cenário competitivo e os novos desafios para o setor de projetos.** Artigo técnico. USP - São Paulo. 2002.

CORREA, Roberto Machado. **A integração da comunicação em projetos de construção utilizando tecnologias da informação.** Artigo técnico. UFRJ. 2002.

GRILO, Leonardo M.; MELHADO, Silvio B. **As mudanças no cenário competitivo e os novos desafios para o setor de projetos.** Artigo técnico. USP - São Paulo. 2002.

GRILO, Leonardo; MONICE, Simone; SANTOS, Eduardo T.; MELHADO, Silvio. **Possibilidades de aplicações e limitações da realidade virtual na arquitetura e construção civil.** Artigo técnico. USP- São Paulo. 2001.

MENEZES, Alexandre M. VIANA, Maria de Lourdes. PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio e OLIVEIRA, Ludmila C. C. F. de. (2007). **Comunicação Gráfica entre Profissionais Parceiros no Projeto de Edifícios, na Era Digital.** In: VII INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 2007, Curitiba. GRAPHICA, 2007.

MENEZES, Alexandre M.; VIANA, Maria de Lourdes, PEREIRA JUNIOR, Mário Lucio. **Relação e comunicação entre o projeto de arquitetura e o projeto de estruturas na construção de edifícios, diante das novas tecnologias informáticas.** Belo Horizonte: Universidade FUMEC - Faculdade de Engenharia e Arquitetura, 2008. 99p. Relatório de Pesquisa

NOVAES, Celso Carlos. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais.** São Paulo: EPUSP, 1997. 18p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil.

OLIVEIRA, Otávio José de. **Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios.** São Paulo, SP, 2005. Tese de Doutorado. Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo. Disponível em : <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-15062005-112500/>>, acessado em 10 de julho de 2008.

SANTOS, P. C. **O processo de adaptação da estrutura organizacional do banco central do Brasil no período de 1964-2000.** 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense. Florianópolis, 2001.

SANTOS, Luiz Augusto dos. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil.** 2003. Dissertação (Mestrado – Departamento de Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-17082004-130721/>>, acessado em 10 de julho de 2008.

SAXON, R. **Response from the industry.** Speech made to the 1998 Conference of the Design and Build Foundation, BAFTA, London, 21st October, 1998. *apud* GRILO, Leonardo; MONICE, Simone; SANTOS, Eduardo T.; MELHADO, Silvio. **Possibilidades de aplicações e limitações da realidade virtual na arquitetura e construção civil.** Artigo técnico. USP- São Paulo. 2001.

SOUTO, Renata Gomes. **Gestão do processo de planejamento da produção em empresas construtoras de edifícios: estudo de caso.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-22042007-235439/>>, acessado em 10 de julho de 2008.

VARALLA, R. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2003. *apud* SOUTO, Renata Gomes. **Gestão do processo de planejamento da produção em empresas construtoras de edifícios: estudo de caso.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-22042007-235439/>>, acessado em 10 de julho de 2008.

WEINGARDT, R. Partnering: building a stronger design team. **Journal of Architectural Engineering**, v. 2, n. 2, June, 1996, p. 49-54. *apud* GRILO, Leonardo M.; MELHADO, Silvio B. **As mudanças no cenário competitivo e os novos desafios para o setor de projetos.** Artigo técnico. USP - São Paulo. 2002.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a Universidade FUMEC e à FUNADESP pelo apoio financeiro e logístico

A TI NO PROCESSO DE PROJETO EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA DE PEQUENO PORTE

Carolina Ribas de Souza (1); Fabíola Brenner Hilgenberg (2); Sérgio Scheer (3)

(1) UFPR, e-mail: ribascarol@hotmail.com

(2) UFPR, e-mail: fabiola.hilgenberg@gmail.com

(3) UFPR, e-mail: scheer@ufpr.br

Resumo

A utilização da Tecnologia da Informação (TI) pela indústria da construção civil ainda é pequena em relação a outros setores que acontece devido a um conjunto de barreiras ligadas aos profissionais que atuam na área, aos seus processos longamente estabelecidos, às características do próprio setor e a deficiências da tecnologia. Por isso, os escritórios de arquitetura subutilizam a tecnologia existente por influência do fator econômico e da necessidade de mudanças culturais nos escritórios. Assim, existem ainda muitos avanços tecnológicos a serem incorporados pelos arquitetos, desde o uso da internet e correio eletrônico até a utilização de programas CAD (Computer Aided Design) para a melhoria representação do projeto e da comunicação entre todos os agentes envolvidos no processo de projeto. O objetivo foi caracterizar o uso da tecnologia da informação no processo de projeto em escritórios de arquitetura de pequeno porte da cidade de Curitiba, Paraná. O método é uma pesquisa de referencial teórico seguida de um levantamento realizado através da aplicação de questionário fechado sobre a influência da TI no processo de projeto. Os resultados são de que a TI está presente no processo de projeto, o AutoCAD é o software mais utilizado (91%), seguido do CorelDraw (87%) e do SketchUp (74%). Apesar disto, na maioria das vezes, os processos que fazem uso desta tecnologia não estão integrados. É necessária uma convergência na linguagem que envolve o processo, tanto na questão representativa, como na da comunicação.

Palavras chave: processo de projeto, tecnologia da informação, projeto arquitetônico.

Abstract

The use of Information Technology (IT) for the construction industry is still small compared to other sectors that is due to a number of barriers related to professionals working in the area, their long-established procedures, the characteristics of the sector itself and shortcomings of technology. Therefore, the offices of arquitetura under-utilize existing technology to influence the economic factor and the need for cultural changes in the offices. There are still many technological advances to be incorporated by the architects, since the use of internet and email programs to use CAD (Computer Aided Design) to improve representation of the design and communication between all actors involved in project. The objective is to characterize the use of information technology in the project offices in the architecture of the small city of Curitiba, Paraná. The method is a survey of theoretical framework followed by a survey carried out by applying a questionnaire closed on the influence of IT in the project offices. The results are that the IT is in the process of design, the AutoCAD software is the most used (91%), followed by the CorelDraw (87%) and SketchUp (74%). Despite this, most of the time, the processes that make use of this technology are not yet integrated. We need a convergence in the language that involves the process, both the representative issue, as in communication.

Key words: the process of design, information technology, architectural project.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Nascimento e Santos (2002), a penetração da Tecnologia da Informação (TI) na indústria da construção civil ainda é pequena em relação a outros setores que acontece devido a um conjunto de barreiras ligadas aos profissionais que atuam na área, aos seus processos longamente estabelecidos, às características do próprio setor e a deficiências da tecnologia. Eles também identificaram outros problemas enfrentados pela indústria como a baixa produtividade, deficiências na comunicação e alta fragmentação do setor.

O projeto é de extrema importância para as demais fases do empreendimento devido ao seu potencial para agregar valor à concepção e pela sua influência sobre seus custos, prazo e qualidade. Entretanto, a etapa de projeto tem sido apontada como uma das principais origens de problemas em edificações, sendo freqüentemente relatadas incompatibilidades entre projetos, carência de informações e de detalhes construtivos, erros em informações por ele fornecidas (OLIVEIRA, 2001). Estes problemas decorrem de falhas na comunicação e gerenciamento da informação.

A Tecnologia da Informação (TI) apresenta-se como uma possível resposta a esta demanda por coordenação e comunicação das empresas do ramo. Os métodos computacionais focaram seu desenvolvimento no aspecto da comunicação, o que resultou, primeiramente, em *Building Information Modelling* (BIM), que produz a geometria do produto associada a diversos de seus atributos e que pode transmitir muito mais informação do que desenhos e modelos tracionais. E, segundo, foram desenvolvidos sistemas computacionais que facilitam a gestão dos projetos e dos processos construtivos. (KALAY, 2006)

Contudo, os escritórios de projeto subutilizam os meios digitais e as tecnologias existentes. Além do fator econômico, existe a necessidade de mudanças internas no funcionamento das empresas e escritórios para permitir a implantação da TI. Assim, existem ainda muitos avanços a serem totalmente incorporados pelos arquitetos, desde o uso da internet e correio eletrônico até a utilização de sofisticados programas CAD (*Computer Aided Design*) para a melhoria da representação de projetos e da comunicação entre todos os agentes envolvidos no processo de projeto (BERSANO, 2003).

No momento em que os escritórios começaram a adotar as ferramentas CAD, não houve mudança de processo, os desenhos continuaram a ser produzidos com a mesma fragilidade (expostos a erros e imprecisões) do que na prancheta e, dependendo do projetista, com a mesma velocidade. Assim como a simples adoção de outras ferramentas TI não garante o aumento da produtividade. Para que a TI influencie os processos de comunicação e de gestão da informação, deve haver mudanças organizacionais e no fluxo de informações no processo de projeto. (NASCIMENTO E SANTOS, 2006).

Neste sentido, a finalidade deste artigo é apresentar um levantamento, realizado através da aplicação de questionário fechado e da revisão da literatura existente na área, sobre a influência da TI no processo de projeto em escritórios de arquitetura de pequeno porte na cidade de Curitiba, Paraná.

2. TI NA INDÚSTRIA DA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO

Os benefícios adquiridos com o uso de tecnologias para gerenciar a grande quantidade de informação produzida durante o desenvolvimento de empreendimentos da construção civil são óbvios e muitos (NASCIMENTO; SANTOS, 2002). A informação é um elemento essencial, tanto no produto final (informações de projeto), como no processo de construção (informações gerenciais). Assim, o campo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é indubitavelmente afetado pela evolução da TI (RIVARD et al., 2004).

Entretanto, a indústria da AEC é considerada retrógrada na questão do emprego da tecnologia, não diferindo no emprego da TI que vem sendo incorporada de maneira lenta e gradativa, devido, entre outras causas, à falta de capacitação e à resistência dos profissionais da área (MAK, 2001). E, além dos profissionais, existem as barreiras financeiras. Deve-se levar em conta o custo de implantação de um sistema tecnológico que permita a real incorporação da TI (BERSANO, 2003).

Apesar da adoção da TI crescer pouco a pouco, a indústria AEC tem se beneficiado enormemente dos recursos oferecidos por seu uso (BORDIN; SCHMITT; GUERRERO, 2002). Isso decorre do fato do processo de projeto, seguido da execução e do acompanhamento da obra, demandar uma equipe grande e diversa, com necessidade de comunicação e troca de dados muito freqüente (ZHU; AUGENBROE, 2006). Este trânsito de informações é um dos grandes desafios da AEC. Desafio que pode ser vencido aos poucos com a incorporação da TI em todos os processos do projeto e de gerenciamento de obras, pois o papel da TI é o de capturar, processar, armazenar e distribuir informação eletronicamente (NASCIMENTO E SANTOS, 2006). A diversidade da equipe, somada ao montante de informações trocadas fazem com que este sistema seja extremamente vulnerável a erros, sendo esta a grande motivação para se acelerar a disseminação da TI na AEC (MIKALDO JR; SCHEER, 2007).

A TI deve ser empregada com o objetivo de buscar uma maior eficiência e eficácia no processo de produção desenvolvido pela empresa. Nas empresas ligadas à construção notamos uma crescente aplicação dos recursos da Tecnologia da Informação, embora restrito a atividades específicas, como o uso do CAD (*Computer Aided Design*) no projeto e softwares comerciais em outras áreas (HELENO; CINTRA; AMORIM, 2002).

3. O PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO

O conceito e o papel do projeto na indústria da AEC têm sido explorados por diferentes autores e instituições que destacam diversos aspectos do projeto e sua importância para o processo produtivo do setor de construção (TZORTZOPOLOS, 1999; FABRÍCIO, 2005).

Define-se projeto como o ato criador que está na sua essência e guarda uma forte correlação como manifestação intelectual, fazendo-se uma forma de expressão técnica, cultural e artística (FABRÍCIO, 2005).

De acordo com a NBR 5670 (ABNT, 1977), a palavra projeto expressa:

"a definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções, e disposições especiais".

Na indústria, como também na arquitetura e na construção civil, de maneira geral, as etapas do processo de projeto (*design*) são fundamentais para a qualidade dos produtos e para o sucesso dos novos empreendimentos. O projeto, além de desenvolver as características do produto, influi diretamente nos resultados econômicos dos empreendimentos e interfere na eficiência dos processos produtivos (FABRÍCIO, 2005; OLIVEIRA, 2001).

Neste contexto, a busca por práticas e metodologias de projeto mais eficientes e criativas é relevante e pode redundar em desdobramentos fundamentais para o sucesso de novos produtos, empresas e até mesmo países uma vez que, pode-se dizer, o projeto situa-se nas interfaces entre as inovações tecnológicas e o desenvolvimento de produtos, entre a produção e os usuários e entre as empresas e o mercado (TOLEDO, 1993).

Assim, a noção de processo é fundamental para compreender o funcionamento e a materialização do projeto que ocorre segundo etapas sucessivas de desenvolvimento, tanto do ponto de vista intelectual, como em relação ao coletivo de agentes envolvidos no projeto de um edifício (FABRÍCIO, 2005).

Para possibilitar o progresso do processo de projeto é necessário o desenvolvimento de um modelo. A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA) sugere um modelo e descreve um roteiro geral para o processo de concepção de projetos de arquitetura, com o intuito de estabelecer informações, subsídios, condicionantes, procedimentos e produtos finais para cada fase ou etapa de trabalho (ASBEA, 1992). O projeto arquitetônico compreende as seguintes fases:

- Levantamento de dados: fase preliminar de definições, verificações e análises. Informações básicas para chegar-se aos estudos de viabilidade técnica, legal e econômica, antes do início do projeto;
- Estudo preliminar: primeira solução arquitetônica proposta para a edificação. Recebe aprovação preliminar do cliente;
- Anteprojeto: resultado final da solução arquitetônica proposta para a edificação, após a aprovação do estudo preliminar;
- Projeto legal: subfase do anteprojeto, desenvolvida juntamente ou posteriormente a ele. Constitui a configuração técnico-jurídica da solução arquitetônica proposta para a obra;
- Projeto executivo: desenvolvido em até quatro subfases: pré-executivo, projeto básico, projeto de execução e detalhes de execução;
- Caderno de especificações: informações complementares como especificações técnicas e de materiais;
- Coordenação e gerenciamento dos projetos: considera-se que o projeto estrutural e de instalações prediais são desenvolvidos em etapas e fases paralelas. A relação entre todos os projetos e sistemas exige uma coordenação para compatibilizar as necessidades de cada profissional envolvido no processo;
- Assistência à execução da obra: fase complementar do projeto que se desenvolve paralelamente a execução da obra;
- Serviços adicionais: outras atividades que podem ser desenvolvidas, como análise e seleção de local, desenvolvimento de programas de necessidades, estudos de viabilidade, vistorias, entre outros.

Este modelo contribui para a sistematização do processo, na medida em que descreve os serviços de projetos de arquitetura e urbanismo, considerando o início do trabalho do arquiteto na fase de concepção do produto, iniciando com a interpretação do programa de necessidades, até a assistência à execução da obra.

Através do modelo, todos os profissionais envolvidos passam a ter uma visão global do processo, e suas funções e responsabilidades são definidas de maneira sistemática. Conseqüentemente, ocorre um aumento da transparência do processo que facilita a troca de informações entre os envolvidos, a implementação de melhorias contínuas e a redução do tempo de concepção dos projetos, a partir da definição clara das atividades e de suas relações de precedência, possibilitando uma vantagem competitiva em resposta a pressões de mercado, a diminuição dos custos em função da diminuição das perdas e o melhor direcionamento dos produtos para o atendimento das necessidades do cliente final (TZORTZOPOULOS, 1999).

Além disto, o fluxo de informações pode se tornar mais eficiente, pois são estabelecidas formalmente as informações necessárias ao desenvolvimento de cada atividade, com seus respectivos responsáveis e o estabelecimento de terminologia padronizada simplifica a comunicação durante o processo (TZORTZOPOULOS, 1999).

4. A INFLUÊNCIA DA TI NOS CUSTOS DO PRODUTO FINAL NA INDÚSTRIA DA AEC

O projeto arquitetônico faz parte da primeira das três grandes etapas do ciclo evolutivo de uma edificação: a concepção, a execução e o uso (LICHTENSTEIN, 1997). Destacou-se anteriormente a relevância da TI como ferramenta de comunicação e troca de informação nas duas primeiras etapas.

Com o gerenciamento da informação otimizado pela TI, há uma conseqüente diminuição de custos no produto final, uma vez que há menos erros, mais clareza na comunicação e uma maior disponibilidade de dados para todos os envolvidos no processo.

Segundo Melhado e Agopyan (1995), uma maneira ainda mais eficaz para se diminuir custos no processo completo de execução de uma edificação, seria na fase do projeto. Assim, considerando que a fase de projeto tem extrema relevância para que um empreendimento imobiliário seja bem sucedido, é necessário que o arquiteto esteja bem preparado e tenha domínio das ferramentas que a TI oferece.

5. TI E O PROJETO ARQUITETÔNICO

A arquitetura é uma das profissões que possuem vínculo direto com o uso de recursos computacionais. A rotina do arquiteto sofreu enormes transformações com o advento da informática e da popularização dos computadores pessoais. No desenvolvimento do projeto, as ferramentas computacionais viabilizadas pela TI são tidas como essenciais (AYRES FILHO; SCHEER, 2007). Contudo, pode-se observar que, mesmo assim, o arquiteto ainda não está familiarizado com a TI (ALVARENGA, 1999). A “[...] resistência à introdução de novas tecnologias é inversamente proporcional à quantidade de dados e informações processados e compartilhados pelos profissionais do setor” (SCHMITT, 1998).

Uma pesquisa realizada por Scheer et al. (2007) aponta que quase metade dos profissionais de projeto AEC aprendeu a trabalhar com as ferramentas CAD no local de trabalho e somente um quarto dos profissionais teria tido treinamento apropriado. Em conseqüência disso, as ferramentas ficam subutilizadas e não se alcança um nível de projeto a ponto de influenciar positivamente de maneira relevante a eficiência da construção de um edifício (AYRES FILHO; SCHEER, 2007).

Deve-se destacar a importância da qualidade do projeto de arquitetura, já que este é a base para todos os projetos complementares. É o projeto arquitetônico que contém a maior parte das referências para os demais projetos e posteriormente é nele que se concentra a síntese de todos os outros para se consolidar a compatibilidade (PANIZZA, 2004).

Para concentrar a riqueza de informações que possui um projeto arquitetônico, é evidente que não seria possível processá-las em um único software, nem somente com o uso do computador. Um dos pontos principais desta pesquisa é a sondagem da multiplicidade de ferramentas (inclusive de *softwares*) que a TI oferece como suporte para os profissionais da arquitetura. Panizza (2004) ilustra a esta realidade no trecho a seguir:

“Textos, planilhas, programas de cálculo, simuladores, prototipagem, bancos de dados, ilustrações, fotos e mapas podem ser produzidos em diferentes aplicativos com formatos diferentes para seus arquivos. [...] impressoras, scanners, máquinas

fotográficas digitais e computadores móveis somam-se ao telefone, fax, copiadoras e calculadoras, completando o aparato tecnológico à disposição do profissional.”

Este contexto indica que todos os esforços devem ser empregados para que a TI seja efetivamente incorporada pelos profissionais da AEC, em especial pelos arquitetos. Os recursos estão disponíveis e em constante evolução. O nível de aproveitamento das ferramentas é proporcional ao interesse indivíduo (PANIZZA 2004).

6. MÉTODO DE PESQUISA

Quanto aos seus objetivos, a presente pesquisa caracteriza-se como descritiva, pois objetiva caracterizar o uso da tecnologia da informação no processo de projeto em escritórios de arquitetura de pequeno porte da cidade de Curitiba, Paraná.

Como procedimentos técnicos foram realizados uma pesquisa de referencial teórico seguida de um levantamento efetuado mediante a aplicação de um questionário fechado respondido via email.

A elaboração do instrumento de coleta de dados foi embasada em um questionário desenvolvido anteriormente por Caron (2007) e utilizada com o intuito de conhecer as ferramentas de TI utilizadas pelos escritórios de projeto na Região Metropolitana de Curitiba. Já na presente pesquisa buscou-se direcionar e adaptar o questionário para a influência da tecnologia da informação focado no processo do projeto arquitetônico em escritórios de pequeno porte na cidade de Curitiba.

O questionário foi dividido em três partes. Na primeira delas, questionou-se a respeito do escritório de maneira geral como há quanto tempo existe, quantos profissionais trabalham e que tipo de serviço é prestado no escritório. Na segunda parte inicia-se o questionamento sobre os tipos de *hardwares* e de *softwares* utilizados no processo de projeto. Na terceira e última fase, questiona-se as ferramentas utilizadas em cada etapa do processo de projeto e que tipo de documento é gerado em cada fase.

Depois de elaborado, o questionário piloto foi testado com dois entrevistados para a adequação das perguntas e respostas. Em seguida, o endereço de uma página na Internet foi enviado via e-mail aos entrevistados, que acessaram a página e responderam as questões. Para facilitar as respostas dos entrevistados, as questões eram de múltipla escolha.

O questionário foi enviado para arquitetos que trabalham em escritórios de arquitetura na cidade de Curitiba, com no máximo dez funcionários e para arquitetos autônomos. Foram enviados 45 emails dos quais foram obtidas 26 respostas entre os dias 14 e 18 de junho de 2008.

O procedimento de análise dos dados aconteceu da seguinte maneira: as respostas do questionário foram compiladas e convertidas em dados tabulados que, a partir disto, foram transformados em tabelas e gráficos e interpretados para a obtenção dos resultados.

7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram respondidos 26 questionários, dos 45 e-mails que foram enviados. Os resultados foram apurados a partir de 23 questionários respondidos, porque três desses tiveram que ser eliminados pois, dois eram respostas dadas por arquitetos que trabalham em órgãos públicos (e portanto não se enquadram no perfil em questão) e um, porque o arquiteto respondente preencheu somente os dados de identificação.

O questionário inicia-se com uma caracterização pessoal do arquiteto e do escritório, que delineou um perfil predominante. Dos profissionais que responderam ao questionário, cerca

de 90% têm até 30 anos de idade e 60% deles trabalham em escritórios que existem há no mínimo 03 anos e no máximo há 10 anos. Em 100% dos escritórios que têm no máximo 10 anos o computador sempre fez parte da rotina de trabalho.

Os arquitetos foram questionados a respeito dos *softwares* instalados em seus computadores. Os programas Word e Excel estão instalados nos computadores de 100% dos profissionais, embora só sejam usados diariamente por cerca de 70%.

Quanto às ferramentas de desenho e modelagem, o AutoCAD é o mais usado, presente em 91% dos computadores; seguido do CorelDraw, em 87% e do SketchUp, em 74% deles. O Vectorworks é utilizado por 17% dos profissionais, o Arqui3D por 13% e 9% trabalham com o ArquiCAD, como mostra o gráfico 01. O AutoCAD e o Vectorworks são acionados diariamente por praticamente todos os pesquisados, o que acontece com uma frequência muito menor com os usuários dos outros *softwares*.

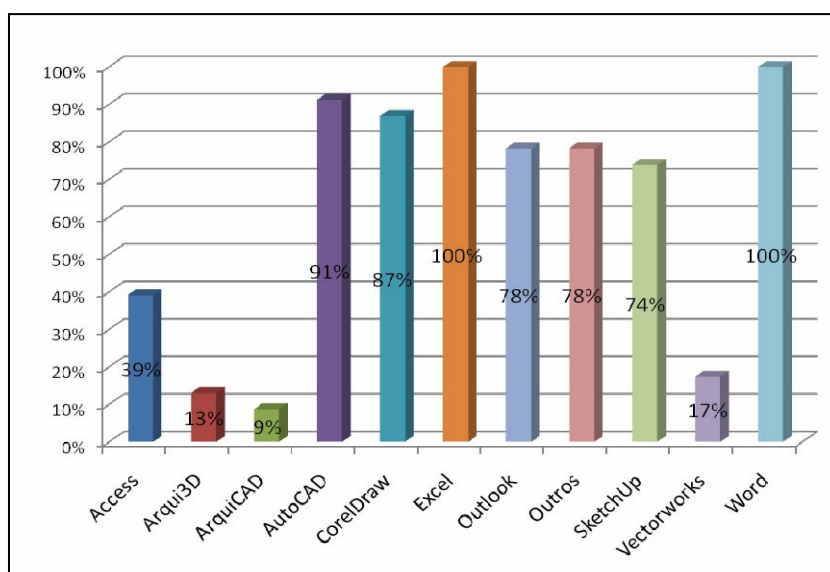


Gráfico 01 – Quantitativo de usuários dos programas.
Fonte: Autores.

Cerca de 70% dos questionários representam escritórios com no máximo 03 pessoas, entre arquitetos e estagiários. O número de desenhistas é inexpressivo. Independentemente do número de pessoas, há no mínimo 01 computador para cada uma delas, seja ele de mesa ou portátil.

Apesar da onipresença o computador na rotina de todos os arquitetos questionados, mais da metade deles inicia o projeto no papel. Dos pesquisados, 22% combinam o papel e o computador para esboçarem os primeiros desenhos e outros 22% desenvolvem as primeiras idéias exclusivamente no computador.

O gráfico 04 mostra que durante o desenvolvimento do projeto, cerca de 20% dos profissionais geram exclusivamente documentos digitais. Após a conclusão do serviço, 39% dos questionados armazenam somente documentos neste formato.

Com relação aos programas de projeto, verifica-se que o Vectorworks tem o uso mais assíduo e mais contínuo durante todas as etapas do projeto. Ele é utilizado em todas as etapas do projeto, desde o estudo preliminar, como se observa no gráfico 02.

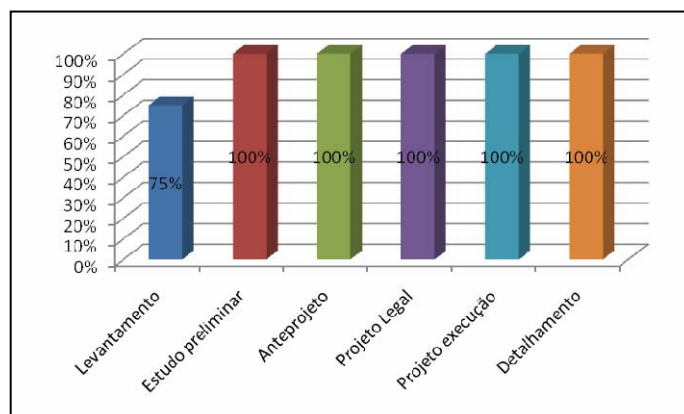


Gráfico 02 – Uso do Vectorworks nas etapas de projeto.

Fonte: Autores.

O *AutoCAD*, software mais incidente, tem uso menos constante no desenvolvimento do projeto e é mais usado nas etapas finais como mostra o gráfico 03. Fica claro que este programa é incompleto ou sub-utilizado para as tarefas que devem ser realizadas. Em contraposição, o *ArquiCAD* e o *CorelDRAW* não são usados nas etapas dos projetos legal e de execução.

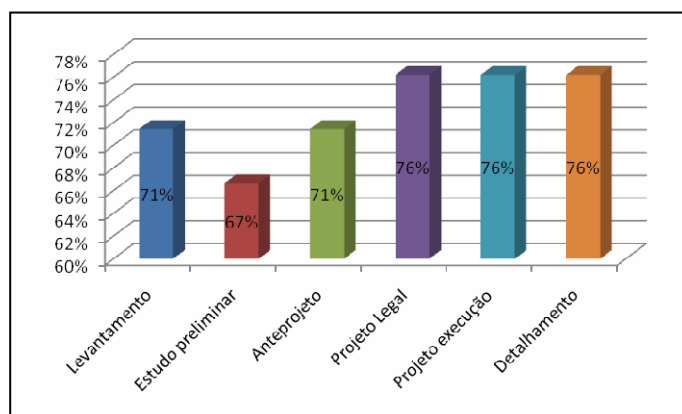


Gráfico 03 – Uso do AutoCAD nas etapas de projeto.

Fonte: Autores.

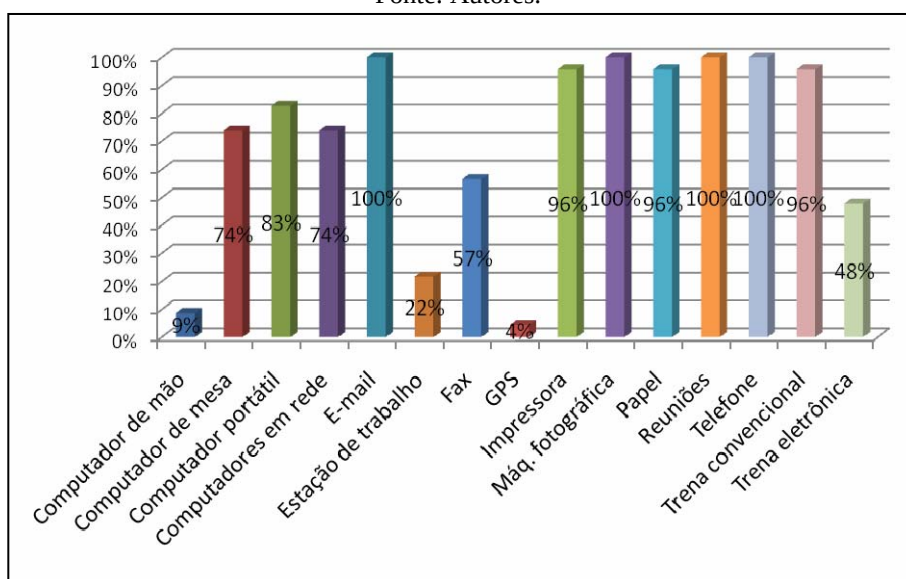


Gráfico 04 – Recursos utilizados para o desenvolvimento do projeto

Fonte: Autores

A bibliografia retrata o arquiteto como um profissional munido de ferramentas tecnológicas, o que foi identificado pela sondagem. Todos utilizam computador, máquina fotográfica e se comunicam por telefone, e-mail e igualmente por reuniões. O computador portátil é usado mais pelos arquitetos do que o computador de mesa e em 74% dos casos, as máquinas estão em rede. Aproximadamente 100% utilizam trena convencional e metade deles também usam a trena eletrônica, sendo o GPS utilizado apenas em projetos de urbanismo como mostra o gráfico 04.

8. CONCLUSÕES

A partir dos dados levantados, confirmou-se a ligação estreita do arquiteto com a TI. As ferramentas de TI são utilizadas cotidianamente e em grande variedade. Consta-se igualmente o grande volume de informação gerada durante o desenvolvimento do projeto.

A Tecnologia da Informação está presente no processo de projeto, apesar de na maioria das vezes os processos que fazem uso desta tecnologia ainda não se encontram integrados. A implantação da TI vem cercada de uma série de expectativas que acabam se traduzindo numa maior produtividade, maior rapidez para execução dos trabalhos permitindo um maior controle. Entretanto, os benefícios alcançados pelo uso da TI vêm acompanhados de uma série de obstáculos a serem vencidos como a necessidade de maiores investimentos para a atualização dos hardwares e softwares e a necessidade de treinamento de mão-de-obra (HELENO; CINTRA; AMORIM, 2002).

Os benefícios conseguidos com a TI são proporcionais à profundidade do conhecimento do usuário sobre a ferramenta, bem como sua afinidade com ela. A questão não é se TI está sendo usada, mas sim, a maneira como está sendo usada. Os processos de projeto não se consolidam sem que várias ferramentas sejam empregadas. Os profissionais trabalham com ferramentas muito diversificadas, não havendo uma ferramenta que tenha hegemonia, à exceção da ferramenta CAD genérica, mas que por ser genérica, quando bem utilizada, é customizada para ganhar características diferenciadas. No entanto, a maioria dos profissionais subutiliza esta ferramenta (NASCIMENTO; SANTOS, 2002).

É necessária uma convergência na linguagem que envolve o processo, tanto na questão representativa, como na da comunicação. Com o aumento da compatibilidade das informações do início até o fim do projeto, a qualidade e a credibilidade do produto final são muito maiores, agregando valores a toda indústria da AEC.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 5670**. Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada. Rio de Janeiro, 1977, 19p.
- ALVARENGA, A. Prancheta cibernética – o arquiteto e a internet. **Revista Imagem Urbana – Revista Capixaba de Arquitetura, Urbanismo e Design**, ano 1, n.2, p. 84–85, mai. 1999.
- ASBEA (Associação Brasileira de escritórios de Arquitetura). **Manual de Contratação de Serviços de Arquitetura e Urbanismo**. Ed. PINI, São Paulo, 1992, 107 p.
- AYRES FILHO, C.; SCHEER, S. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: **Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios**, 7., Curitiba, 2007.
- BERSANO, C. B. **Presença e Uso de Tecnologia da Informação no Ensino de Projeto: estudo exploratório nas faculdades de arquitetura e urbanismo de Porto Alegre**. 2003. 177 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFRGS, Porto Alegre.
- BORDIN, L.; SCHMITT, C.M.; GUERRERO, J. M. A importância de melhor gerenciar a utilização de sistemas colaborativos para o desenvolvimento de projetos na indústria da construção civil. In: **Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**, 2., Porto Alegre, 2002. Artigo Técnico.

CARON, A. M. **A utilização de tecnologias de informação em escritórios de projeto – um levantamento na região metropolitana de Curitiba.** 2007. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR, Curitiba.

FABRÍCIO, M. M. **Metodologia de pesquisa em gestão do processo de projeto:** aula 01, 2005. 25f. Notas de Aula. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/sap/disciplinas/SAP5857/>. Acesso em: 25 set. 2007.

HELENO, V. de B.; CINTRA, M. A. H.; AMORIM, S. R. L. de. O papel da tecnologia da informação no desenvolvimento tecnológico das empresas construtoras de edificações. In: **IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído.** Foz do Iguaçu, 2002. Artigo Técnico.

KALAY, Y.E. **The impact of information technology on design methods, products and practices.** Design Studies, v. 27, n. 3, p. 357-380, mai. 2006.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções: procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MAK, S. A model information management for construction using information technology. **Automation in Construction.** V. 10, n. 2, p. 257-263, jan. 2001.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle.** Boletim Técnico da Escola Politécnica, Depto. Eng. de Construção Civil. S. Paulo, 1995.

MIKALDO JR, J.; SCHEER, S. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução? In: **Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios**, 7., Curitiba, 2007.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil. In: **Workshop Nacional de Gestão do Processo na Construção de Edifícios**, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2002.

NASCIMENTO, Luiz Antonio do e SANTOS, Eduardo Toledo. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 1, 2006, p.69-81.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. **Processo de projeto de obras de edificações: iniciativas para a melhoria da qualidade.** 2001. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PANIZZA, A. C. **Colaboração em CAD no projeto de arquitetura, engenharia e construção: estudo de caso.** 2004. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas.

RIVARD, H. et al. Case studies on the use of information technology in the canadian construction industry. **ITCon.** A. Serpell and S. V. Barai, v. 9, pp. 19-34, fev. 2004.

SCHEER, S. et al. The scenario and the trends in the Brazilian IT construction applications' experience. **ITCon.** A. Serpell and S. V. Barai, v. 12, pp. 193-206, mar 2007.

SCHMITT, C. M. **Por um modelo integrado de sistema de informações para documentação de projetos de obras de edificações da indústria da construção Civil.** Porto Alegre, 1998. 318 f. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TOLEDO, J. C. **Gestão da mudança da qualidade de produto.** 1993. 240 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadas de pequeno porte.** 1999. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VILLAGARCÍA ZEGARRA, Sofia Lilliane; FRIGIERI JÚNIOR, Valter; CARDOSO, Francisco Ferreira. **A tecnologia da informação e a indústria da construção de edifícios.** Brasil - Recife, PE. 1999. 10p., il. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1º, Recife, 1999. Artigo técnico.

ZHU, Y.; AUGENBROE, G. A conceptual model for supporting the integration of inter-organizational information processes of AEC projects. **Automation in Construction.** V. 15, n. 2, p. 200-211, mar. 2006.

INTEROPERABILIDADE ENTRE ARCHICAD E REVIT POR MEIO DO FORMATO IFC

Max Lira Veras X. de Andrade (1); Regina Coeli Ruschel (2)

(1) Doutorando, PPGE/ FEC/ UNICAMP, e-mail: maxandrade@uol.com.br

(2) Professora Doutora DAC/ FEC/ UNICAMP, e-mail: Regina@fec.unicamp.br

Resumo

Building Information Modeling (BIM), em seu conceito mais amplo, tem como pressuposto a interoperabilidade e a colaboração entre os profissionais da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) para a geração do modelo virtual do edifício. Todavia, os profissionais da AEC exploram pouco o recurso da colaboração no processo de projeto, quando trabalham com BIM. Além do mais, os aplicativos BIM ainda não possuem robustez na interoperabilidade, o que dificulta a cooperação entre diferentes profissionais. Buscando discutir o uso de softwares BIM voltados para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos o presente trabalho aborda a eficiência de dois aplicativos BIM voltados para arquitetura (ARCHICAD e REVIT) no recurso da interoperabilidade. O estudo aqui apresentado consistiu em selecionar um modelo de edificação de multipavimento e modelá-lo em ambos os aplicativos. Em seguida os modelos foram exportados e posteriormente importados por cada um dos aplicativos, utilizando-se o formato *Industry Foudation Classes* (IFC). Os modelos importados foram então comparados com os originalmente desenvolvidos dentro de cada aplicativo, buscando-se não conformidades. Também foram utilizados visualizadores de IFC nas análises. Os resultados mostram que: ocorrem perdas na qualidade dos dados gerados no formato IFC quando são importados pelo mesmo aplicativo ou por outros; ferramentas BIM voltadas para a arquitetura apresentam limitações na descrição das propriedades das partes do edifício (recorre-se a modelo mistos 3D/2D, o que torna as informações extraídas desarticuladas do modelo de edifício); existem não conformidades de padrão na definição das propriedades dos componentes apresentados por diferentes softwares BIM, voltados para arquitetura. Por fim, o presente trabalho identifica falhas encontradas na troca de informações do edifício por meio do formato IFC, demonstra que a interoperabilidade ainda precisa melhorias e sugere o uso de sistemas de compartilhamento de dados, como o OPS.

Palavras-chave: *Building Information Modeling, projeto arquitetônico, interoperabilidade, Industry Foudation Classes.*

1. INTRODUÇÃO

A idéia que sustenta o uso do sistema BIM na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) está fundamentada no conceito de interoperabilidade e na colaboração entre os diversos profissionais. Assim, para a evolução do BIM é necessário aprofundar o desenvolvimento das tecnologias empregadas, com melhorias nos modelos paramétricos e nos instrumentos de interoperabilidade. Além do mais, é importante mudar as posturas dos projetistas de arquitetura e outros profissionais da AEC, por meio de atitudes integradoras, que visem à multidisciplinaridade.

Buscando avaliar o uso de aplicativos BIM no desenvolvimento de projetos de arquitetura o presente trabalho aborda a eficiência de dois softwares: ArchiCAD (*Graphisoft*) e Revit (*Autodesk*), voltados para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, no uso de instrumentos de interoperabilidade.

O objetivo deste trabalho é identificar algumas das principais falhas na troca de informações

do edifício presentes nestes aplicativos, bem como, mostrar diferenças no tratamento de informações sobre mesmas famílias de objetos usados pelos dois softwares estudados.

2. O BIM NOS PROJETOS DE ARQUITETURA

2.1. Comunicação e colaboração no processo de projeto

Um dos principais problemas no desenvolvimento de sistemas BIM está no entendimento desses sistemas pelos profissionais da indústria da AEC. O BIM enquanto processo de trabalho envolve, sobretudo, a comunicação e a colaboração entre diferentes profissionais e empresas ligadas à AEC. Todavia, o que se observa é que poucas empresas e profissionais que vêm utilizando as ferramentas BIM buscam a padronização e a colaboração. Neste sentido, Kiviniemi *et al.* (2008) defendem a tese de que muitos dos profissionais da AEC utilizam softwares BIM como ferramentas de CAD melhoradas, sem, contudo, mudarem os seus processos de trabalho, já consolidados.

Essa tese é comprovada por uma pesquisa realizada nos países nórdicos que mostra que o principal motivador para o uso do BIM na atividade de projeto arquitetônico é a facilidade de geração de quantitativos (aproximadamente 23% dos arquitetos geram quantitativos a partir dos modelos BIM), seguido pela checagem de conflitos (cerca de 21%). A maioria das tarefas executadas pelos arquitetos nos aplicativos BIM se limita àquelas disponibilizadas internamente nos softwares utilizados, sendo pouco comum o uso de arquivo visando à interoperabilidade. Apenas 1/3 dos arquitetos que usam o BIM empregam arquivos no formato IFC (KIVINIEMI *et. al.* 2008).

Khemlani (2007) mostra, a partir de dados de uma pesquisa realizada pela AECbytes, que o mais importante critério na escolha do BIM é a habilidade de produzir documentos finais de construção, sem precisar de usar outras ferramentas complementares. A pesquisa mostra que questões relacionadas à integração, ao 4D e ao IFC são consideradas como pouco expressivas.

Para Khemlani (2007), os principais critérios para a escolha de um software BIM são: capacidade de uma produção completa de documentação do edifício (sem necessitar de usar outros aplicativos); objetos inteligentes (que possibilitem uma relação associativa e conectiva com outros objetos); e, disponibilidade da biblioteca de objetos. Khemlani (2007) mostra que os arquitetos, muitas vezes, limitam as tarefas àquelas que podem ser executadas por um único aplicativo BIM. Tarefas colaborativas e capacidade de exportar e importar arquivos em formatos universais não são critérios significativos para a escolha de software BIM.

Estas considerações mostram que o uso de aplicativos BIM ainda aparece como um evento fragmentado (TOBIN, 2008). Nesta interpretação, (consolidada pelos usuários de aplicativos BIM para arquitetura) o desenvolvimento do projeto do edifício aparece como uma atividade fragmentada, estabelecida por produtos independentes produzidos por cada disciplina.

Segundo TOBIN (2008), o quadro atual retrata o estágio inicial do BIM, denominado de BIM 1.0. Este se caracteriza por um franco crescimento e difusão do uso de modelos BIM, ainda pouco vinculados a um crescimento nos padrões de interoperabilidade entre os aplicativos. Nestes, as troca de dados ocorrem, muitas vezes, baseadas em elementos puramente geométricos. Mesmo assim, a habilidade e a confiabilidade na troca de dados entre diferentes aplicativos têm crescido significativamente, nos anos recentes (KIVINIEMI *et. al.*, 2008).

2.2. Problemas de interoperabilidade

Outra questão que parece limitar o potencial do uso do BIM está na dificuldade em estabelecer uma correta interoperabilidade das informações do edifício. Para isso é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos softwares e nos processos do projeto. O principal usado hoje é o *Industry Foundation Classes* (IFC). Todavia, de acordo com Kiviniemi *et. al.* (2008) o uso de padrões IFC atende a requisitos para certas tarefas, deixando, contudo, que muitas outras tarefas não sejam suportadas por esse formato. Um dos maiores obstáculos para a adoção do IFC é a perda de robustez na interface disponível nos softwares, tornando isso um grande obstáculo para um amplo e voluntário uso do IFC como protocolo preferido para troca de dados do edifício.

Ao mesmo tempo em que existe um desconhecimento por parte dos usuários sobre como, quando e quais são os propósitos do uso do IFC com os softwares disponíveis (KIVINIEMI *et. al.*, 2008), parece haver também um grande desinteresse das organizações da indústria da AEC pelo aperfeiçoamento do IFC. Isso, segundo Kiviniemi *et. al.* (2008), é em decorrência de que o conceito de BIM ainda não teve uma plena penetração no mercado e que o reuso de dados ainda é uma tarefa muito limitada. A maioria das companhias da indústria da AEC não considera o modelo baseado na integração como algo importante.

3. O ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO USO DO IFC EM APLICATIVOS DE ARQUITETURA

Diante da importância da troca de informações entre diferentes aplicativos BIM o presente trabalho buscou identificar não conformidades nos fluxos de informações do modelo do edifício produzido por aplicativos BIM. O objetivo é verificar como dois aplicativos BIM, usados para projetos de arquitetura (**ArchiCAD 11** e **Revit 2008**), trabalham o recurso da interoperabilidade.

A escolha desses dois aplicativos se deu por serem os mais utilizados por escritórios de arquitetura, na atualidade. Esta escolha é sustentada por Kiviniemi *et al.* (2008) que mostra dados de uma pesquisa organizada pela Bentley Systems junto a um grupo de profissionais da AEC, em âmbito internacional. Esta pesquisa mostra o percentual de arquitetos que usam ou já usaram softwares BIM para o desenvolvimento de projetos de arquitetura. Nele o Revit aparece com 67%, o ArchiCAD com 31,69% e o terceiro colocado é o Bentley BIM que aparece com 14,79%.

3.1. Características do modelo

A primeira etapa do estudo consistiu em desenvolver um modelo digital de um edifício de multipavimentos nos aplicativos ArchiCAD e Revit. Para isso estabeleceu-se um projeto de baixa complexidade em que fosse possível encontrar os componentes de construção mais usados, como lajes, paredes, pilares, portas, janelas, paredes cortinas, coberturas, peças sanitárias e escada. Utilizou-se para este estudo uma casa de dois pavimentos (Figura 1) desenvolvida por Krygie, Demchak e Dzambazova (2008).

Durante o exercício de construção do modelo, em cada um dos aplicativos, comparou-se o conjunto das propriedades de alguns componentes estudados (Quadro 1). O que se observou é que não existe um padrão para classificação das propriedades dos objetos, pois diferentes aplicativos apresentam grupos de propriedades e unidades de medidas diferentes para mesmos objetos. O resultado é que o gerenciamento das propriedades dos objetos entre diferentes aplicativos torna-se uma atividade difícil, resultando em perdas na qualidade da troca de

dados entre diferentes softwares, mesmo utilizando o formato IFC de interoperabilidade.



Figura 1: Modelo geométrico arquitetônico utilizado

Com relação ao nível de detalhamento da geometria no modelo 3D o que se observa é que alguns objetos como, paredes, por exemplo, compõem-se de modelo misto entre objetos 3D parametrizados e modelos bidimensionais (Figura 2), não parametrizados. Esses modelos, embora possibilitem a redução do tamanho do arquivo (maior escalabilidade), inviabilizam colocar em prática o conceito de protótipo de edifício virtual (TOBIN, 2008), pois o “modelo virtual” é uma representação parcial do edifício.

ArchiCAD	Revit	ArchiCAD	Revit	ArchiCAD	Revit
Custo	Custo	Classe fogo	Taxa fogo	Operação IFC	Parâmetro IFC
Fabricante	Fabricante	Clas. acústica	–	Tam. porta	dimensões
Nota/comentário	Nota/comentário	Tx. trans.calor	–	Dim vão/fec.	–
N. de inventário	Cód. montagem	Localização	–	Sobredim. vão	–
N. de série	Modelo	Acessórios	–	Materiais	Materiais
–	Descrição	Acabamento	–	Moldura porta	–
–	Des. montagem	Envidraçado	–	Painel Porta	–
–	URL	Fechaduras	–	Detalhes porta	–
–	Palavra Chave	Ano produção	–	Represent. 2D	–
Tipo de grupo	Tipo de marca	Peso	–	Represent. 3D	–

Quadro 1 – Comparativo de propriedades do objeto porta no ArchiCAD e Revit

Este tipo de modelo do edifício (utilizado no ArchiCAD e Revit) não inclui informações de atributos de todas as partes da construção. Muitos dos componentes possuem suas partes detalhadas apenas em desenhos bidimensionais, não parametrizados e sem apresentar as propriedades dos objetos vinculadas ao modelo (Figura 2). Esses detalhes bidimensionais, embora possam ser interoperáveis (garantido pelo projeto XM-4 que adiciona a capacidade de troca de dados 2D do modelo de edifício virtual) não são parametrizados. Assim, o modelo perde qualidade, pois os detalhes representados em 2 dimensões não possuem a capacidade de estarem diretamente vinculadas ao modelo tridimensional.



Figura 2: Nível de detalhamento de laje/ corrimão: (A) representação em 3D e (B) em 2D

Um exemplo clássico, representado na Figura 3, é o desenho de uma parede. Esta se constitui no modelo 3D, por um único objeto (não pode ser decomposto em suas partes elementares: enchimento, osso e revestimento) e assim não pode ser utilizado para simular etapas diferentes de construção do componente, num modelo 4D. A solução é utilizar recursos alternativos e demorados, como o proposto por Handler (2006).

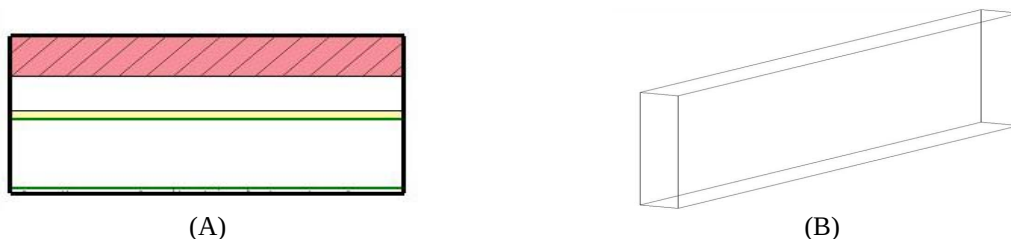


Figura 3: Nível de detalhamento do objeto parede: (A) representação em 2D e (B) representação em 3D

3.2. Processo de exportação/ importação dos modelos

Após a construção do edifício de multipavimento nos aplicativos ArchiCAD e Revit os modelos foram exportados no formato de arquivo IFC2x (versão 3) e posteriormente importados para os mesmos aplicativos e entre aplicativos. Cada modelo também foi importado em programas de visualização IFC. Os modelos exportados foram comparados com os originalmente desenvolvidos dentro de cada aplicativo buscando-se não conformidades.

Para quantificar a qualidade dos modelos importados utilizou-se um processo adaptado de Kiviniemi (2007) que consistiu em verificar a capacidade dos aplicativos de importar os principais componentes de construção (parede, coluna, laje, cobertura, porta, janela, parede cortina, corrimão, escada e peças sanitárias).

Na primeira etapa dos testes foram importados os arquivos IFC gerados no ArchiCAD e Revit para cada um desses aplicativos. Nesta etapa, foram identificados, para cada componente importado, se permaneceram preservadas a geometria, a disposição (localização do componente em planta) e as seguintes propriedades: materiais (nome dos materiais), código (para identificação do componente) e custo (apenas alguns componentes de construção tinham os custos indicados; paredes, colunas, lajes e coberturas não foram).

Para quantificar o sucesso da importação foi utilizado o seguinte procedimento: verificou-se em cada componente importado se os mesmos mantinham as características originais e comparou-se o número de componentes que mantiveram as propriedades originais com o número total de componentes. Chegou-se assim a um percentual que varia de 0% a 100%, na última situação o componente mantém as mesmas propriedades do modelo original.

No caso, por exemplo, das paredes, tinha-se um total de 57 unidades. Caso todas as paredes fossem importadas corretamente o resultado seria 100%. Falhas, mesmo que pequenas, foram registradas como erros na tradução. Para quantificação da escada e outros componentes unitários desmembrou-se nas suas “partes” (para a escada as partes são: estrutura, piso/espelho, balaústre e corrimão) e mediu-se a quantidade de partes preservadas.

Na segunda etapa dos testes os arquivos IFC foram importados por softwares de visualização geométrica (IFC Engine Viewer – Visualizador 1; Nemetschek IFC Viewer – Visualizador 2). O objetivo destes testes foi comparar a eficiência dos tradutores de importação de arquivos IFC usados pelos aplicativos estudados. Para simplificar os testes e uniformizar as análises foram usadas apenas as propriedades referentes à geometria dos edifícios.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após os testes a primeira conclusão é que efetivamente existem perdas na transferência de dados entre softwares, quando se usa o formato IFC2x (versão 3) de protocolo (Tabela 1). Para todos os processos de transferência de dados usados ocorrem perdas em informações do modelo. Constata-se que existem perdas de dados referentes à geometria, à disposição dos objetos em plantas e às propriedades dos objetos analisados. Para o Revit, por exemplo, apenas cerca de 30% dos dados referentes às características de materiais permanecem indicados nos modelos após serem importados dos arquivos no formato IFC.

Tabela 1 – Resultado da certificação de elementos construtivos

NÍVEL DE QUALIDADE DA IMPORTAÇÃO DE ARQUIVOS IFC GERADOS NO ARCHICAD E REVIT											
IFC2X3 GERADO NO ARCHICAD											
	Modelo gerado por arquivo IFC importado pelo ArchiCAD						Modelo gerado por arquivo IFC importado pelo Revit				
	Material	Disposição ¹	Código	Custo	Geometria		Material	Disposição ¹	Código	Custo	Geometria
Parede	100%	95%	97%	X	95% ²	Parede	100%	100%	100%	X	100%
Coluna	100%	100%	100%	X	100%	Coluna	100%	100%	100%	X	100%
Laje	100%	100%	100%	X	100%	Laje	100%	100%	100%	X	100%
Cobertura	100%	100%	100%	X	100%	Cobertura	100%	100%	100%	X	100%
Porta	100%	70%	100%	100%	100%	Porta	0%	66%	100% ³	100% ³	100%
Janela	0%	0%	0%	0%	0%	Janela	0%	0%	100% ³	100% ³	100%
Parede cortina	100%	100%	100%	100%	100%	Parede cortina	0%	100%	100% ³	100% ³	100%
Corrimão	100%	100%	100%	100%	100%	Corrimão	0%	100%	100% ³	0%	50% ⁴
Escada	100%	100%	0%	100%	100%	Escada	25% ⁵	100%	100% ³	100% ³	100%
Peças sanitárias	100%	100%	0%	100%	60%	Peças sanitárias	100%	100%	100% ³	100%	100%
TOTAL	90%	86%	69%	X	85%	TOTAL	52%	86%	100%	X	95%
IFC2 X3 GERADO NO REVIT											
	Modelo gerado por arquivo IFC importado pelo Revit						Modelo gerado por arquivo IFC importado pelo ArchiCAD				
	Material	Disposição	Código	Custo	Geometria		Material	Disposição	Código	Custo	Geometria
Parede	89%	100%	89%	X	100%	Parede	79%	100%	79%	X	100%
Coluna	0%	100%	0%	X	100%	Coluna	100%	100%	100%	X	100%
Laje	100%	100%	100%	X	100%	Laje	100%	100%	100%	X	100%
Cobertura	100%	100%	100%	X	100%	Cobertura	100%	100%	100%	X	100%
Porta	0%	100%	0%	0%	100%	Porta	0%	17% ¹	100%	0%	78%
Janela	0%	54%	0%	0%	77%	Janela	0%	38%	0%	0%	50% ⁷
Parede cortina	0%	60% ⁶	0%	0%	60% ⁶	Parede cortina	0%	100%	0%	0%	100%
Corrimão	0%	100%	0%	0%	100%	Corrimão	0%	100%	0%	0%	100%
Escada	0%	100%	0%	0%	100%	Escada	0%	75%	0%	0%	75% ⁸
Peças sanitárias	0%	80%	0%	0%	60%	Peças sanitárias	0%	80%	0%	0%	60%
TOTAL	29%	89%	29%	X	89%	TOTAL	38%	81%	48%	X	86%
Obs.: ¹ – as situações mais comuns ocorridas foram: o giro da porta desenhada em planta. Ao invés de abrir para dentro abria para fora, a porta/ janela estava incorretamente desenhada; ² – 5% das paredes apresentam pequenas falhas, mas são visíveis em 3D; ³ – códigos aparecem, porém correspondem a outras propriedades do objeto; ⁴ – as peças principais (balaustre e peitoril) aparecem, porém os cabos de aço na lateral não apareceram; ⁵ – materiais da estrutura foram especificados, porém, os pisos/ espelhos, balaustre e corrimãos não foram especificados; ⁶ – 40% das paredes cortinas aparecem elevadas alguns metros sobre a edificação; ⁷ – para as janelas não construídas em 3D, foram feitas apenas as aberturas dos vãos; ⁸ – o corrimão da escada não foi construído em 3D.											

A geometria e a disposição dos objetos em geral são os mais importantes indicadores da espacialidade do objeto. Estes apresentam pequenos erros, cerca de 10%, o que não inviabiliza o bom entendimento do modelo do edifício. Porém, analisando a qualidade das propriedades dos materiais e custos verificou-se que existe uma perda de informação de cerca

de 20% no ArchiCAD e 60% no Revit. Essas perdas são significativas e podem inviabilizar o uso desses arquivos em aplicativos de análises de custos e de eficiência energética.

Na Tabela 2 os arquivos IFC foram importados para softwares de visualização. O que se observa nesta tabela é que enquanto os arquivos IFC gerados no ArchiCAD apresentam a visualização da sua geometria completa, alguns objetos do Revit apresentaram problemas na visualização. De uma maneira geral (com exceção do corrimão e da escada no visualizador 2), a maioria dos objetos apresenta uma boa visualização quando são importados para os programas de visualização IFC.

Tabela 2 – Resultado da certificação de elementos construtivos

NÍVEL DE QUALIDADE DE ARQUIVOS IFC IMPORTADOS POR VISUALIZADORES					
IFC2X3 GERADO NO ARCHICAD			IFC2 X3 GERADO NO REVIT		
	Geometria			Geometria	
	Visualizador 1	Visualizador 2		Visualizador 1	Visualizador 2
Parede	100%	100%	Parede	100%	77%
Coluna	100%	100%	Coluna	100%	100%
Laje	100%	100%	Laje	100%	100%
Cobertura	100%	100%	Cobertura	100%	100%
Porta	100%	100%	Porta	100%	100%
Janela	100%	100%	Janela	87%	100%
Parede cortina	100%	100%	Parede cortina	100%	100%
Corrimão	100%	100%	Corrimão	100%	0%
Escada	100%	100%	Escada	100%	25%
Peças sanitárias	100%	100%	Peças sanitárias	80%	80%
TOTAL	100%	100%	TOTAL	89%	78%

Um aspecto interessante de observar é que os erros na importação do modelo geométrico do edifício, seja pelo ArchiCAD, pelo Revit ou pelos visualizadores, ocorrem de forma diferenciada em cada aplicativo testado (Figura 4). Assim, um mesmo arquivo IFC que apresenta erros na construção da janela, quando importado pelo ArchiCAD, no Revit e nos visualizadores, não apresenta tais erros, mais sim outros erros.

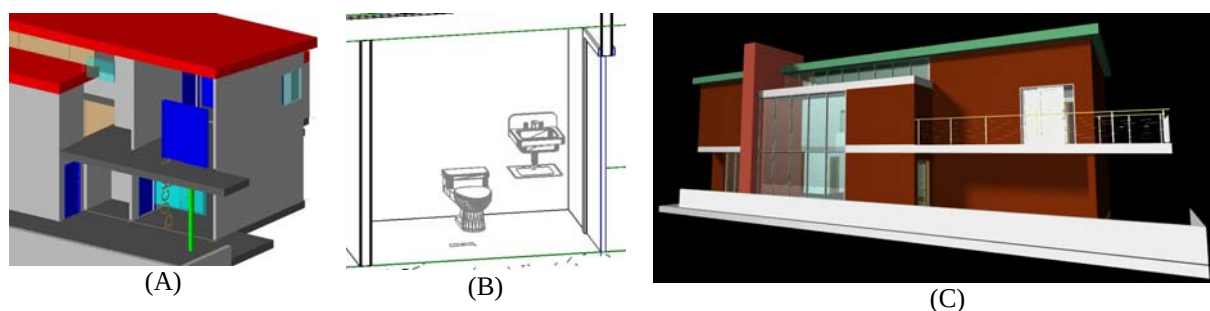


Figura 4: Erros de importação do modelo geométrico: (A) faltam paredes; (B) falta a banheiro e (C) ausência de janelas (dormitórios, cozinha, banheiro, etc. – só aparecem paredes cortinas e portas)

Essas constatações explicitadas acima levam a conjecturar que os problemas detectados na leitura da geometria do edifício, pelos aplicativos tradutores de IFC são conjunturais da estrutura dos importadores. Caso fossem problemas na geração de dados dos arquivos IFC, os erros permaneceriam comuns, quando importados pelos softwares testados. Todavia, os testes efetuados ainda são iniciais, limitados, e não são suficientes para identificar a origem do erro (e nem é essa a intenção deste trabalho).

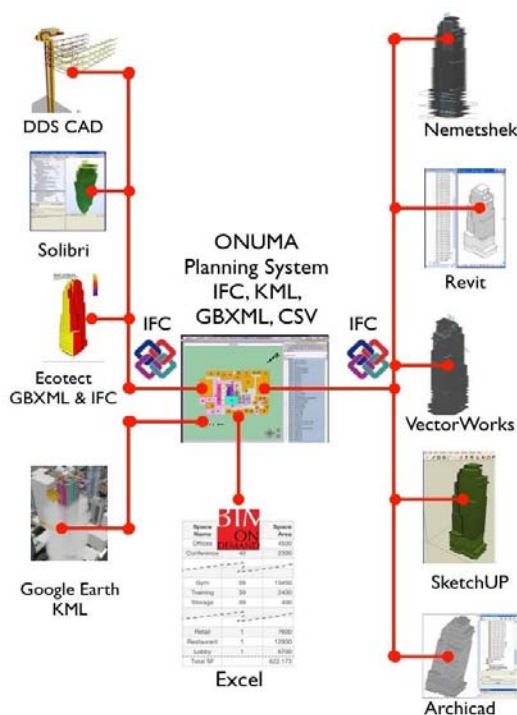
5. DISCUSSÃO À LUZ DE EXEMPLOS BEM SUCEDIDOS: O CASO DO OPS E IFC

As análises efetuadas indicam que é necessária a melhoria na robustez dos modelos de arquivos e tradutores IFC. Todavia, Kiviniemi *et. al.* (2008), mostram que o principal motivo pelo qual o IFC ainda não é usado como forma de troca de dados entre os agentes da construção civil é devido à fragmentação da indústria da AEC, dificultando criar um consenso sobre o uso do IFC nas trocas de dados.

Para Eastman *et. al.* (2008) a dificuldade na consolidação de um modelo universal de troca de dados que seja confiável e eficiente está associado a: questões ligadas à competitividade entre empresas; perda de compreensão das consequências positivas em utilizar um modelo único de informação do edifício; baixa qualidade da interface IFC; e, desinteresse dos integrantes da indústria AEC em mudar o processo de trabalho.

Num caminho oposto ao descrito acima, algumas empresas têm desenvolvido sistemas de compartilhamento de dados gerados nos modelos BIM e que podem ser usados em diversos aplicativos. A empresa norte-americana ONUMA Inc., por exemplo, produz um sistema de compartilhamento de modelos BIM denominado ONUMA planning System (OPS), acessível pela internet (COELHO; NOVAES, 2008). O modelo de servidor OPS pode funcionar como um repositório central para hospedar todos os diferentes projetos e informações de um edifício (WONG, 2008). A partir de um sistema central de informações é possível modelar e analisar projetos utilizando-se para isso diferentes softwares compatíveis com o padrão GBXML/ IFC.

Assim, o modelo OPS é capaz de gerenciar diferentes softwares (Figura 5). Definem-se os principais requerimentos de projeto no OPS e então se exporta para outros softwares BIM para serem efetuadas as atividades necessárias ao desenvolvimento do modelo. Nestes casos, dados e gráficos podem ser exportados do modelo OPS para outros aplicativos usando-se o formato IFC, permitindo, dessa forma, boa compatibilidade com ferramentas BIM (ONUMA PLANNING SYSTEM, 2008).



Fonte: (ONUMA PLANNING SYSTEM, 2008)

Figura 5: Modelo OPS de interoperabilidade e compartilhamento

Modelos como o OPS, possibilitam uma maior precisão e eficiência no fluxo de informações entre diferentes profissionais de projeto além de permitir a consolidação de ambientes eficientes de colaboração (como o Asite). O desenvolvimento de sistemas como o OPS é uma saída inteligente para problemas de interoperabilidade e uso de formatos IFC, permitindo colaborar e trocar informações em todo o ciclo de vida do edifício, o que representa o principal ganho em usar o BIM.

Como exemplo clássico da eficiência do sistema OPS a ONUMA Inc. desenvolve, desde 2007, os BIMStorms (para Wong (2008) poderia ser chamado do “Woodstock” do BIM). O BIMStorm consiste numa experiência de projeto integrado num espaço virtual, baseado numa plataforma de colaboração BIM, acessível pela internet (que é oferecida gratuitamente pela OPS) (ONUMA, 2008). Nesses eventos participam equipes de diferentes países e experiências profissionais que juntos projetam, em poucas horas, vários edifícios para uma determinada localidade (em cada evento escolhe-se uma cidade com uma área de intervenção). As equipes incluem projetistas especializados em projetos e análises de edifícios, e, empregados do governo com experiência em legislação.

O modelo de servidor OPS funciona, segundo Wong (2008), como um repositório central que hospeda os projetos e as entradas de dados. Assim, cada equipe multidisciplinar troca informações da geometria do modelo, das análises de eficiência energética, das análises de custos e construtibilidade, etc. Em função dessa rica variedade de análises Wong (2008) mostra que foi possível incorporar aos modelos soluções sustentáveis como tetos verdes e fachadas com painéis solares. Além do mais, com o sistema OPS foi possível obter informações de projeto como a existência de zonas sísmicas, o tipo de solo, o código de edificações, perfil de acessos ao terreno e sistemas de transporte local.

O uso do sistema OPS serve como um repositório central baseado num padrão de informações global, aberto e interoperável, reduzindo-se às perdas e sobreposições de dados e possibilitando um ambiente de colaboração internacional e integração em tempo real entre as diferentes equipes de projeto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, por meio de uma análise do uso do IFC para troca de dados de informações do edifício, detectou falhas no processo de transferência de informações do modelo do edifício. A partir das análises efetuadas chegou-se às seguintes conclusões:

- Existe uma perda na qualidade geométrica dos modelos quando são importados no formato IFC, porém essas perdas são limitadas a poucos componentes de construção e não comprometem o entendimento do modelo gerado;
- O perfil da perda da qualidade da informação geométrica em cada um dos aplicativos que importou o modelo IFC é diferente, o que leva a conjecturar que os problemas principais de tradução não estão na geração dos arquivos IFC, mas nos tradutores de importação, presentes nos aplicativos utilizados para os testes;
- Certas propriedades dos componentes de construção usados nos modelos, como código de identificação, material, disposição e custos também apresentam perdas quando são importados pelos aplicativos ArchiCAD e Revit. Estas perdas, em algumas situações, são significativas e poderiam inviabilizar o uso desses modelos em ferramentas de análises.

Outros aspectos importantes observados durante a construção do modelo de edifício são:

- Não existe um padrão para descrição e classificação das propriedades dos componentes de construção. Cada aplicativo BIM utiliza um padrão próprio de classificação de

propriedades dos objetos, o que dificulta a interoperabilidade dessas propriedades entre diferentes aplicativos;

- Ferramentas BIM voltadas para a arquitetura e disponíveis no mercado apresentam uma capacidade limitada para a construção de todas as partes do edifício num modelo 3D, com informações de atributos associadas a esse modelo. Muitos dos materiais e componentes são construídos manualmente e visíveis apenas em detalhes bidimensionais. Para esses casos, alterações efetuadas nos modelos 3D não são ajustadas automaticamente nos detalhes 2D. Assim, precisam ser alteradas manualmente (EASTMAN *et. al.* 2008).
- Se por um lado o uso de modelos 3D associados a modelos 2D melhora a escalabilidade do projeto (reduzindo o tamanho do arquivo e facilitando o seu manuseio); por outro, reduz também a capacidade de atualizações automáticas no modelo e a eficiência na simulação das etapas de construção do projeto e na avaliação de custos do modelo.

Por fim, o que se observa das análises é que ao se usar arquivos e tradutores IFC para exportar ou importar dados do edifício é importante considerar que os mesmos ainda não são robustos o suficiente para transportar os dados com a qualidade do modelo original. Dessa forma, perdas de dados ocorrerão durante a migração para outros aplicativos (KRYGIEL *et. al.*, 2008). Como alternativa o presente trabalho mostrou que o emprego de sistemas de planejamento de informações do edifício, como o OPS, por exemplo, viabiliza a redução de inconformidades dos modelos IFC. Além do mais, muda a visão do processo de trabalho de projeto, tornando a atividade mais integrada, colaborativa, e com fluxo de informações mais eficientes. Assim, com a difusão de sistemas integrados do edifício é possível aumentar a interoperabilidade e possibilitar um uso do BIM mais inteligente, aproximando-se de um modelo desejado de protótipo do edifício, segundo a visão de TOBIN (2008).

REFERÊNCIAS

- COELHO, S.; NOVAES, C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., 2008, São Paulo. *Anais...* São Paulo: EP-USP, 2008. p.1-10.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- HANDLER, L. Modeling Walls for Construction in Revit. **BIMx**, 10 dez. de 2006. Disponível em: <<http://bimx.blogspot.com/2006/10/modeling-walls-for-construction-in.html>>. Acesso em 05 dez., 2008.
- KHEMLANI, L. Top criteria for BIM solutions: AECbytes Survey Results. **AECbytes**, 10 de outubro de 2007. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html>>. Acesso em: 29 de outubro de 2008.
- KIVINIEMI, A. Support for Building Elements in the IFC 2x3 Implementations based on 3rd Certification. Workshop Results, **VTT**, Finland, 2007. Disponível em: < www.coinsweb.nl/downloads/IFC_2x3_Data_Exchange.doc> Acesso em: 27 de novembro de 2008.
- KIVINIEMI, A.; TARANDI, V.; KARLSHØJ, J.; BELL, H.; KARUD, O. **Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM**. ERABUILD FUNDING ORGANIZATIONS, 2008.
- KRYGIEL, E.; DEMCHAK, G.; DZAMBAZOVA, T. **Introducing Revit Architecture 2008: BIM for beginners**. Indianapolis: Sybex, 2007.
- ONUMA PLANNING SYSTEM (OPS). **ONUMA**, 16 fev. 2008. Disponível em : <<http://onuma.com/products/OnumaPlanningSystem.php>>. Acesso em 25 out. 2008
- TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. **AECbytes**, 28 mai. 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>> Acesso em: 3 out. 2008.
- WONG, K. The Summer of BIM (Tech Trends Column). **Cadalyst**, 1 abr. 2008. Disponível em: <[HTTP://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=507889&pageID=1&sk=&date=](http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=507889&pageID=1&sk=&date=)>. Acesso em: 28 nov. 2008.

IMPACTOS DO USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA: OPORTUNIDADES NO MERCADO IMOBILIÁRIO

Livia Laubmeyer Alves de Souza (1); Arnaldo de Magalhães Lyrio Filho (2);

Sergio Roberto Leusin de Amorim (3)

(1) Arquiteta, Mestranda pela Pós-Graduação Engenharia Civil UFF, e-mail: livialas@uol.com.br

(2) Mestre, UFF, e-mail: arnaldo.lyrio@gmail.com

(3) Doutor, Pós-Graduação Engenharia Civil UFF, e-mail: sergio.leusin@gmail.com

Resumo

Este trabalho analisa os impactos decorrentes da implantação da tecnologia BIM (Building Information Modeling) em escritórios de projeto de arquitetura, procurando identificar os aspectos mais relevantes da sua utilização sobre o processo de projeto. Lança também um olhar sobre os espaços e oportunidades potenciais que surgem a partir do uso da ferramenta. Diversos estudos internacionais tem demonstrado os benefícios e as mudanças provocadas pelo uso do BIM em empresas de projeto, mas sobre a recente experiência brasileira pouco se conhece e foi relatado. Desta forma, essa pesquisa busca contribuir no preenchimento dessa lacuna, identificando as peculiaridades do caso brasileiro, buscando aprimorar as condições de implantação das novas ferramentas e facilitar a adaptação da tecnologia aos padrões nacionais. A pesquisa contemplou a formulação de estudos de caso em empresas de projeto de arquitetura situadas na cidade do Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba. Foram analisadas as dificuldades encontradas e as principais vantagens obtidas na adoção da tecnologia BIM por esses escritórios. A avaliação das experiências possibilitou a identificação de inúmeros problemas na transição da tecnologia tradicional atual para novos sistemas de informação: alto custo dos softwares, resistência à mudança pela equipe, falta de integração entre projetistas, entre outros. Acredita-se que os dados gerados nesta pesquisa podem contribuir para a promoção de melhorias e avanços na tecnologia BIM, difundindo suas possibilidades e facilitando a sua implantação em maior escala no país em busca da modernização dos processos na construção civil nacional. Os resultados apresentados remetem à discussão do papel exercido pelo arquiteto no mercado imobiliário e demonstram que há muito a se refletir sobre as oportunidades a serem exploradas com a utilização do BIM.

Palavras-chave: BIM, Projetação, Escritório de arquitetura, Mercado imobiliário

1. INTRODUÇÃO

Em 1982 foram inseridos numa calculadora os primeiros códigos de programação de um sistema para elaboração de um projeto em 3D de uma usina nuclear na Hungria. A calculadora era de 64K e o sistema era o ArchiCad. Gallello, presidente da Graphisoft, desenvolvedora do sistema, relata este fato lembrando que o ingresso da computação na arquitetura ocorreu nos anos 1980, “revolucionou o processo de criação, de projeto e até mesmo a criação do espaço” (FRANK, 2008). A partir dessa época, então, a sigla CAD (*Computer Aided Design*) passou a representar essa tecnologia.

Para Scheer et al (2007) a tecnologia CAD é a inovação mais importante dos últimos 40 anos. Este autor indica três gerações distintas na evolução do uso do computador em arquitetura: a primeira é a do desenho assistido por computador, a segunda a modelagem geométrica e, por fim, a modelagem do produto, com início no final da década de 1980 (KALES;ARDITI, 2005 apud SCHEER ET AL, 2007). O principal objetivo desta última geração é a conjunção de dois

grupos de informações: as informações geométricas, que dizem respeito às características espaciais do produto, tais como forma, posição e dimensões e as não-geométricas, onde se incluem custo, resistência, peso, dentre outras características. Esta conjunção compõe a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*).

A tecnologia BIM, mais do que uma ferramenta para desenho de projetos, propicia ao arquiteto a possibilidade de conceber um projeto construindo seu modelo parametrizado, o que permite que visualize a volumetria, estime custos, quantifique e qualifique o material aplicado, observando e ajustando conforto ambiental e outros itens projetuais, e facilitando a comunicação entre os diversos profissionais integrantes do processo. As modificações e aperfeiçoamentos ao projeto são processados automaticamente nas planilhas de custos, nas plantas baixas e elevações da construção, permitindo um incremento significativo na qualidade da comunicação e, conseqüentemente, na qualidade do produto final, a edificação. Vários trabalhos (KIVINIEMI, 2005; GARCIA et al., 2003) relacionam esse conjunto de itens para o desenvolvimento coordenado de modelos de empreendimentos. Cheng e Law (2002) propõem que uma equipe de projeto utilize simultaneamente *softwares* de planejamento, de acompanhamento, de organização, para estimativa de custos e de visualização do progresso da construção, afirmando que num ambiente diversificado, mas de engenharia simultânea, a interoperabilidade da informação desempenha um papel importante no gerenciamento do empreendimento.

1.1 Objetivos e resultados esperados

Este artigo comenta sobre a natureza do processo de trabalho do arquiteto, com o objetivo de pontuar as oportunidades disponibilizadas a partir do uso do BIM. Busca-se caracterizar a utilização do BIM nos escritórios brasileiros analisando como a tecnologia está sendo aplicada nas empresas do país, identificando os benefícios gerados, as dificuldades encontradas e as mudanças provocadas pela sua implantação. Assim, este trabalho analisa a percepção dos escritórios de arquitetura sobre as possíveis perspectivas que são sugeridas com a adoção do BIM. Questiona-se, também, sobre os espaços e oportunidades que estão se formando para os arquitetos a partir dos progressos possibilitados pelo BIM. A avaliação de experiências e a divulgação dos resultados alcançados com a adoção do BIM pelos escritórios de arquitetura podem contribuir encorajando e dando maior suporte para que novas empresas brasileiras possam implantar a tecnologia, abrindo discussão para a formação de novas estratégias na prestação de serviços arquitetônicos.

2. BIM NA PROMOÇÃO IMOBILIÁRIA

Segundo os dados da sétima edição do CONSTRUBUSINESS (FIESP, 2008), a cadeia produtiva da construção civil mobilizou em 2007 11, 3% de um total de R\$ 5,7 trilhões correspondentes ao PIB do ano, sendo que destes, 0,5% (equivalentes a R\$ 13 bilhões) correspondem à categoria Serviços imobiliários, onde estão incluídos projetos, atividades imobiliárias e manutenção de imóveis. Dentre as medidas e ações propostas para o setor, na conclusão do evento, destacam-se as recomendações de que se mantenha o foco em projetos e que se busquem medidas para reduzir custos do produto final, dentre outras. Por outro lado, se alerta para a possível ocorrência de uma inflexão, já percebida por alguns setores da economia, na curva de expectativa de negócios em setores ligados a investimentos, gerada pela crise internacional norteamericana (FIESP, 2008). Este é o pano de fundo sobre o qual se movimenta o mercado de serviços imobiliários, onde se inclui o de projetos de arquitetura. As decisões de investimentos dos dirigentes da atividade de projetos estão, naturalmente, sob a influência da conjuntura econômica e grande parte dos trabalhos gerados nesse setor são

provenientes da conversão das oportunidades do mercado imobiliário em projetos para construção, cujo principal agente é o promotor imobiliário.

A adoção ou não do BIM pelas empresas de projetos configura-se, portanto, como uma decisão estratégica ligada não apenas a práticas tecnologicamente avançadas para o setor de projetos, mas deve basear-se, também, na observação sobre os desafios e oportunidades presentes no cenário empresarial. O BIM pode ser classificado como uma abordagem (ITO, 2007), ao invés de uma tecnologia, embora “exija uma tecnologia aceitável, ... como o CAD paramétrico”(op.cit) e isso amplia o espectro de análise sobre a sua adoção, sugerindo a necessidade de uma visão gerencial e sistêmica sobre a atividade de projeto.

Prioritariamente, projetos são demandados para viabilizar tecnicamente investimentos produtivos, o que os subroga ao empreendedor, ao promotor imobiliário. Fabrício (2002) descreve o desenvolvimento de empreendimentos de construção em três fases:

Segundo análise de Gobin (1993), [...] primeiramente, o empreendedor se propõe a promover um novo produto partindo de sua experiência e da demanda verificada no mercado para desenvolver um programa que é colocado a um arquiteto que em geral identificará falhas no programa e proporá a reabertura do funil de forma a incluir suas próprias ambições. Por fim, a construtora tende a identificar falhas nos projetos, principalmente no tocante à construtibilidade levando à nova reabertura do funil que representa o processo de amadurecimento do projeto.

Ao iniciar o processo de geração de empreendimentos é muito importante que o empreendedor consiga informações mais estruturadas sobre a edificação que vai promover. É importante também que lide com orçamentos detalhados e que ele aprofunde ao máximo as noções sobre a administração de sua empreitada de modo a avaliar melhor os riscos e corrigir o quanto antes desvios ou distorções que possam vir a ocorrer no gerenciamento da construção que conduzirá. A adoção do BIM permite um melhor encadeamento entre as oportunidades de construção oferecidas no mercado imobiliário e a realização da edificação, que se faz através do projeto, constituindo-se numa ferramenta valiosa para o empreendedor, na medida em que pode auxiliar nas suas decisões permitindo que lide com informações gerenciais mediante a manipulação de um modelo virtual do edifício. Dessa forma, ele pode controlar adaptar e modificar a edificação muito antes dela se tornar realidade. E isso representa redução de custos e riscos, melhorando as chances de sucesso e a qualidade do processo.

3. USO DO BIM EM ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA

3.1 Metodologia

Este documento baseia-se na análise de estudos de caso, fazendo parte de uma dissertação de mestrado, no âmbito do grupo de pesquisa NITCON-UFF e da Rede BIM Brasil. A seleção das empresas para os estudos foi realizada a partir de contato junto a revendedores e centros de treinamento de softwares BIM. O levantamento de dados ocorreu com a aplicação de questionários, enviados por e-mail para os escritórios de arquitetura nos meses de agosto e setembro de 2008. A formulação das questões foi realizada a partir da análise de estudos semelhantes no contexto internacional e de conversas preliminares com usuários e revendedores no Brasil. As questões propostas apresentavam-se no formato de múltipla escolha permitindo mais de uma resposta, sem número máximo de marcações. Em outubro de 2008, foi realizada uma reunião no IAB-RJ com alguns dos escritórios pesquisados e outros interessados, onde as questões levantadas puderam ser abordadas com mais profundidade.

3.2 Caracterização das empresas pesquisadas

A pesquisa em questão foi realizada junto a 13 (treze) escritórios de arquitetura usuários da tecnologia BIM localizados nas cidades do Rio de Janeiro (7 empresas), São Paulo (5 empresas) e Curitiba (1 empresa). São empresas de pequeno porte, tendo 69,23% delas até 15 funcionários. Quanto ao estágio de implantação do BIM, no momento da pesquisa 46,15% dos escritórios utilizavam a tecnologia em um projeto piloto ou uma equipe de projeto, 23,08% utilizavam na maioria dos projetos e outros 23,08% já utilizavam em todos os projetos.

3.3 Por que buscou a tecnologia

Os escritórios de projetos apontam como motivos para adoção do BIM aspectos ligados ao desempenho do desenho do projeto e ao modo usual de projetar. O aspecto mais citado para busca da tecnologia diz respeito a melhoria da qualidade do projeto (21,28%). Outros fatores em destaque são (figura 1): facilitar as modificações de projeto (17,02%), diminuir prazo de entrega e carga horária por projeto (17,02% e 14,89%, respectivamente) e melhorar a apresentação dos projetos (12,75%). A pesquisa indica ainda que alguns clientes já percebem as vantagens da abordagem BIM (2,13%), no entanto, esse número ainda é bastante restrito, o que indica que na maior parte dos casos a decisão pela implantação tem partido dos próprios escritórios.

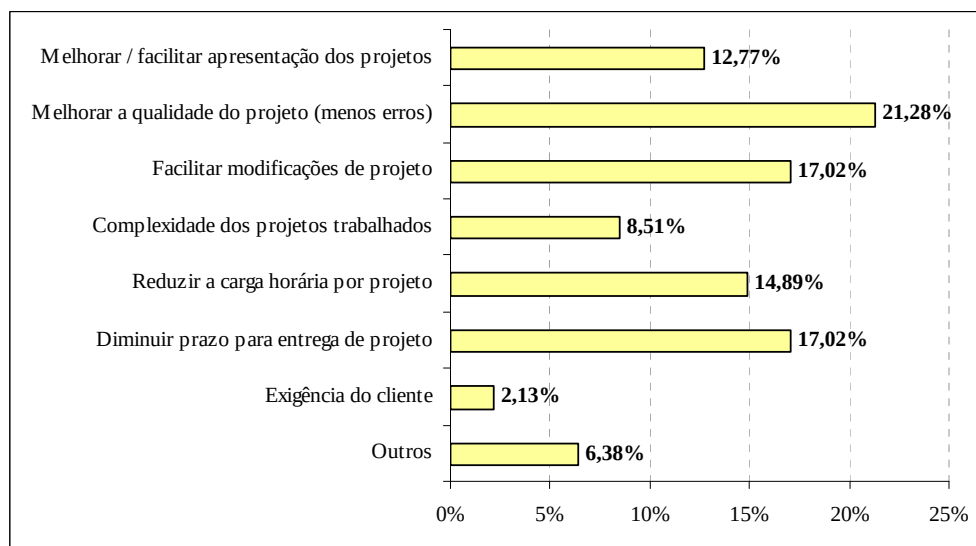


Figura 1: Por que buscou a tecnologia

Segundo reportagem publicada no site Cadlyst, dois escritórios brasileiros, Contier Arquitetura e Aflalo & Gasperini, resolveram, por razões distintas, adotar o BIM (RUNDELL, 2006). Contier decidiu otimizar sua produtividade, minimizando o tamanho do escritório e maximizando sua capacidade tecnológica e implementou o BIM em 2004, tornando-se um dos primeiros escritórios do Brasil a adotar a tecnologia. Dessa forma dá conta de projetos de grande porte com alta performance e qualidade, conseguindo coordenar toda a informação de modo integrado. Aflalo& Gasperini, uma das primeiras empresas de arquitetura e planejamento urbano do País, na época com 25 arquitetos, atende a uma demanda de grandes projetos Brasil afora e afirma que investe constantemente em tecnologia para redução do “gap entre projeto e construção”.

3.4 Dificuldades de implantação

Uma das maiores dificuldades apontadas pelos escritórios refere-se a falta de tempo para implantação da tecnologia (25%). A escassez de profissionais com domínio sobre os *softwares* leva os escritórios a oferecer treinamentos que demandam tempo e investimento. Cerca de 85% das empresas pesquisadas forneceram treinamento aos seus funcionários. Além disso, trabalhar com o BIM demanda não apenas o aprendizado de novos comandos mas, principalmente, exige do profissional uma nova forma de pensar o processo de projeto. Assim, a resistência a mudança de software pela equipe (25%) acaba sendo outra barreira a ser vencida para a implantação dos softwares. A figura 2 demonstra as principais dificuldades identificadas pelas empresas:

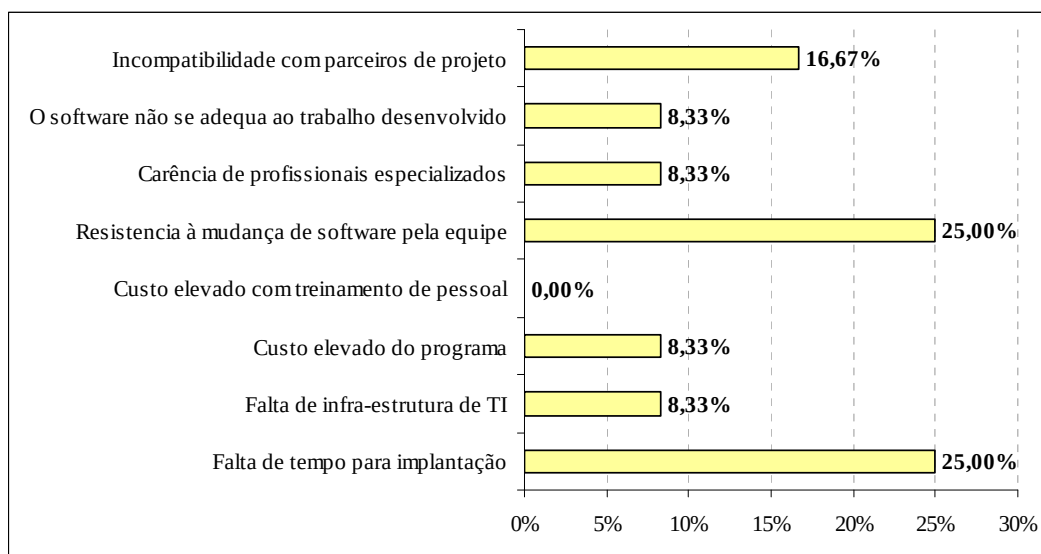


Figura 2: Dificuldades para implantação da tecnologia BIM

3.5 Vantagens do BIM

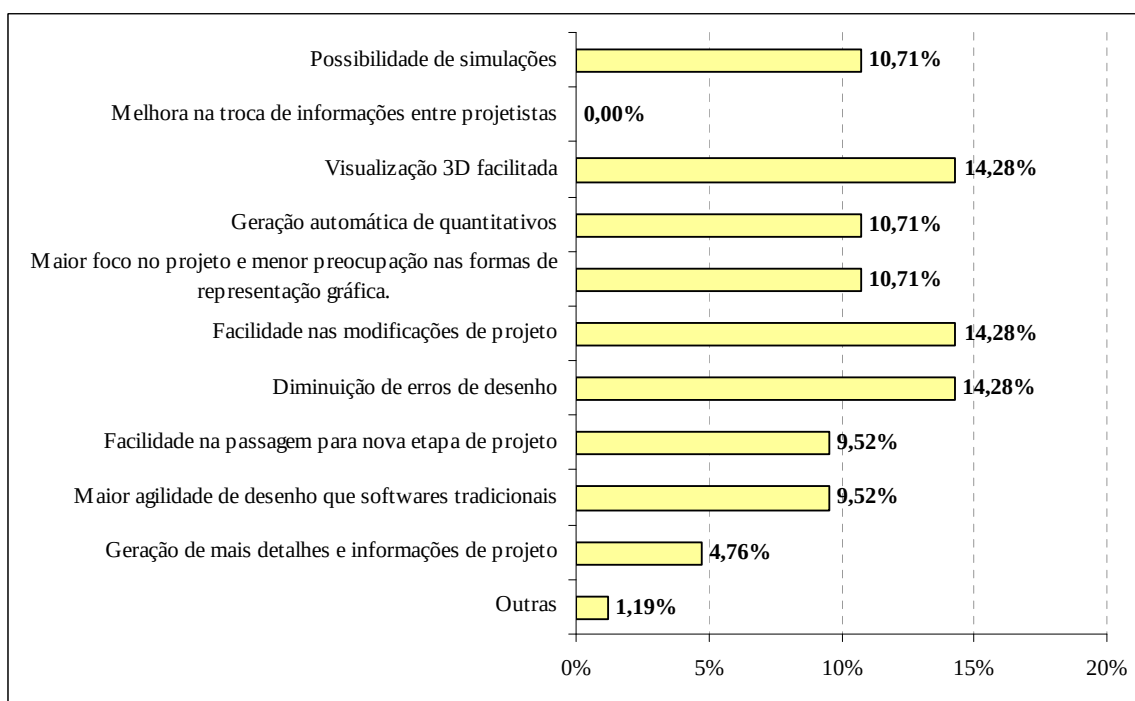


Figura 3: Vantagens do BIM

Observa-se na figura 3 que as principais vantagens identificadas pelos entrevistados foram a diminuição de erros de desenho (14,28%) e a facilidade nas modificações de projeto (14,28%). Tais aspectos podem ser relacionados a parametrização de objetos, que permite a correção automática de cortes, vistas e outros elementos. A visualização 3D facilitada (14,28%) permite melhorar o entendimento do projeto pelos envolvidos e facilita as soluções de projeto. A melhoria na troca de informações não foi identificada como vantagem pelos participantes da pesquisa uma vez que os projetistas complementares (calculistas e instaladores) ainda não estão utilizando a tecnologia BIM.

3.6 Dificuldades do BIM

As maiores desvantagens apontadas pelos entrevistados (figura 4) referem-se ao custo elevado dos *softwares* (25%) e ao tempo necessário para treinamento de pessoal (18,75%), o que coincide, em grande parte, com as observações de Ito (2007). Segundo este autor, embora a tecnologia exista para melhorar a eficiência e a eficácia na manipulação dos dados multiciplinares que envolvem a construção de uma edificação, o setor resiste em adotá-la, pelo longo processo de aprendizagem e pelos custos envolvidos na implementação do sistema. Este autor acrescenta que os softwares em oferta ainda são deficientes, o que fica confirmado no levantamento onde os escritórios revelaram ter dificuldades nos próprios *softwares* (12,60%) além da preocupação com o tamanho dos arquivos gerados (15,63%).

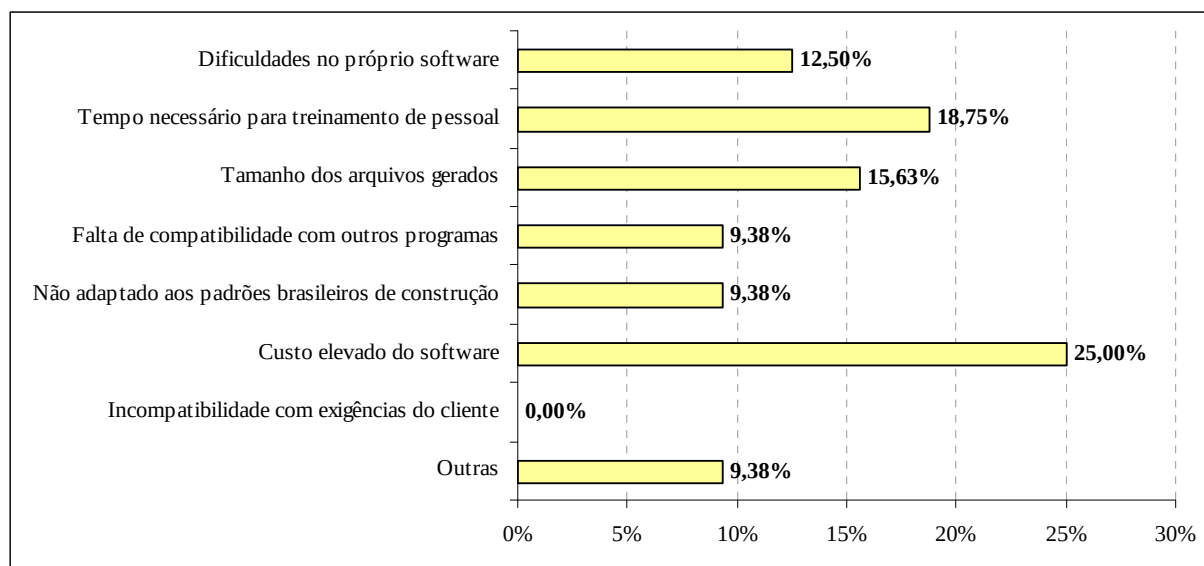


Figura 4: Dificuldades do BIM

3.7 Uso de softwares e troca de informações de projeto

A pesquisa demonstrou que as empresas adeptas ao BIM continuam utilizando softwares CAD como ferramenta de apoio. Muitos escritórios trabalham aproveitando a biblioteca de desenhos já criada no CAD, que pode ser levada para o software BIM, deixando os arquivos mais leves. Quanto à troca de informações de projeto, os escritórios afirmam que grande parte dos arquivos são salvos em DWG (44,44%) facilitando a abertura pelos demais intervenientes do processo que ainda não adotaram a tecnologia (projetistas complementares e o próprio cliente). Arquivos PDF e DWF receberam respectivamente 25,93% e 14,81% de porcentagem de citação. Os arquivos IFC não apresentaram nenhuma citação.

3.8 Mudanças identificadas

A maioria absoluta dos consultados no levantamento (72,73%) afirma que não alcançou redução com relação ao prazo de projeto (figura 5) assim como, 66,67% dos entrevistados relataram que não houve redução na equipe para mesma carga horária de projeto (figura 6). Isso pode se dever ao uso restrito do BIM. Acredita-se que mudanças podem tornar-se evidentes a partir do seu uso mais intensivo e do entendimento dos benefícios do BIM para promotores imobiliários e para escritórios com demanda de projetos de grande porte ou complexidade.

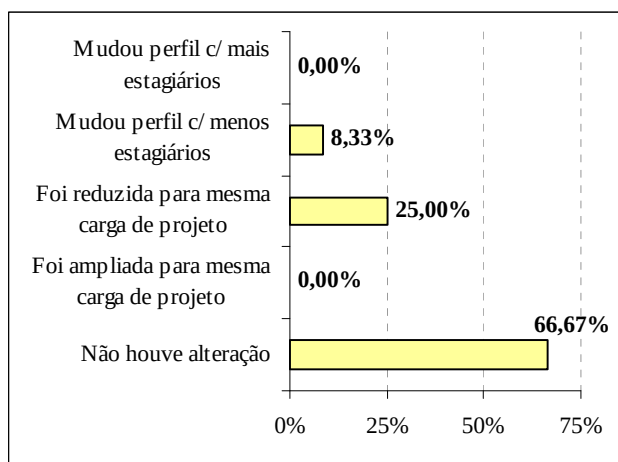


Figura 5: Mudanças identificadas – Equipe de projeto

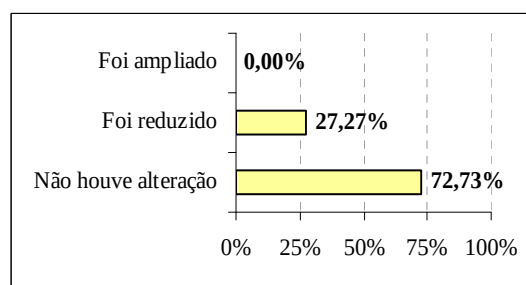


Figura 6: Mudanças identificadas – Prazo de Projeto

Nos itens “Qualidade de Projeto” (figura 7), e “Qualidade da apresentação”, as respostas indicam que os escritórios notaram uma elevação no nível de qualidade do projeto, pela possibilidade de antecipação de problemas, facilidade de compatibilização e diminuição de erros de projetos. Além disso, houve melhoria na organização das informações, com maior entendimento do projeto pelos projetistas e pelos clientes. Quanto aos “Produtos finais” (figura 8) observa-se uma antecipação das soluções de projeto, a disponibilização de um volume maior de informações em cada etapa e a geração de novos produtos antes não executados pelo escritório.

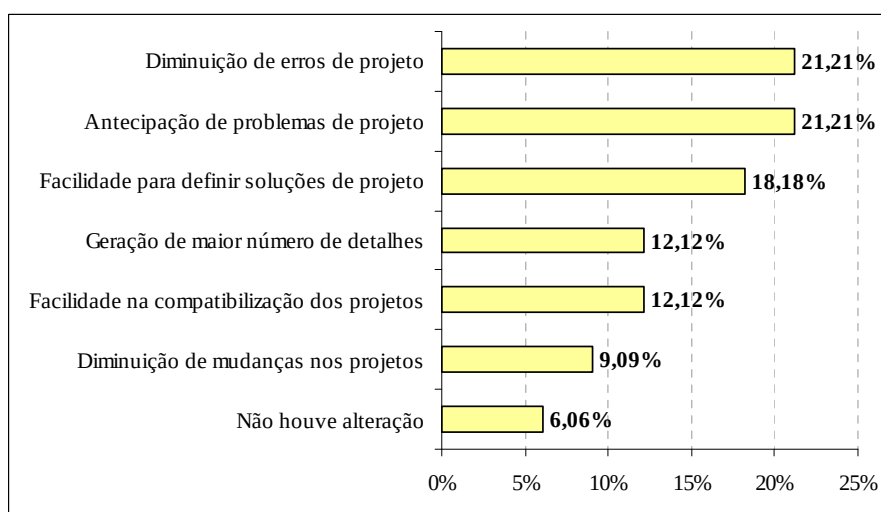


Figura 7: Mudanças identificadas – Qualidade de projeto

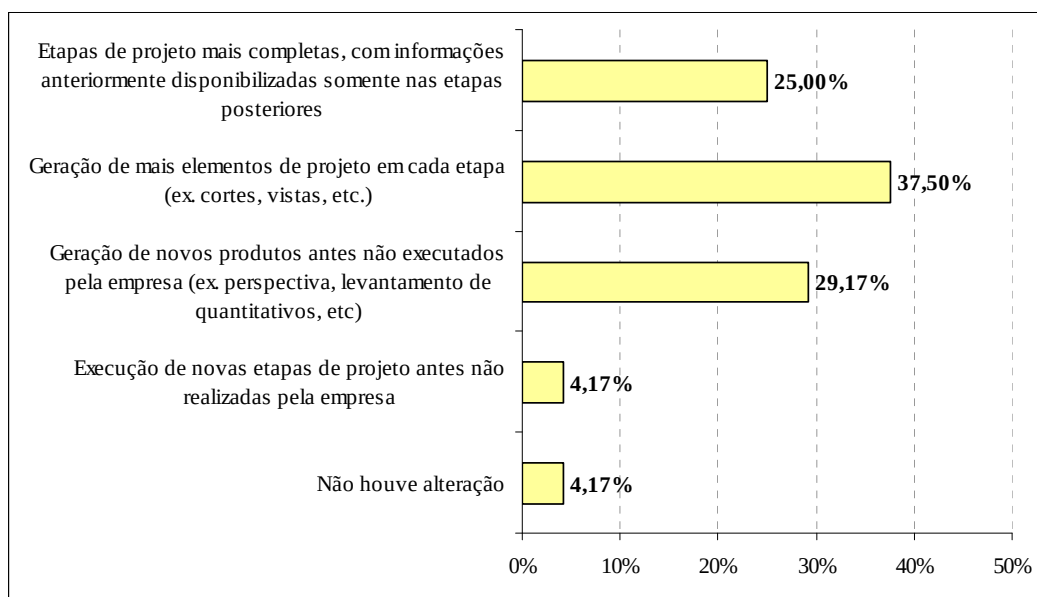


Figura 8: Mudanças identificadas – Produtos finais

4. QUESTÕES LEVANTADAS / NECESSIDADES IDENTIFICADAS

4.1 Criação de um padrão para uso do BIM

Uma das necessidades destacadas pelas empresas pesquisadas é o estabelecimento de um padrão para uso do BIM. Acredita-se que poderia ser criado um padrão a ser utilizado por todos os escritórios, disponibilizado pelas empresas que desenvolvem os softwares. Este padrão deve ser construído de forma cooperativa, com a participação de toda cadeia produtiva. Especialistas acreditam que as empresas de softwares poderão adaptar seus programas ao constatarem que haverá retorno financeiro. Assim um *template* com padrões e nomenclaturas brasileiros poderá ser criado a partir da demanda, com o aumento do número de usuários no país.

4.2 Autoria de projetos

Com o BIM surge a idéia de que se forneceria o modelo ao cliente, que pode inserir novas informações ao longo do ciclo de vida da edificação. Com isso é preciso encontrar uma forma de trabalho em que os direitos do arquiteto sobre o projeto sejam resguardados. Outra questão levantada está relacionada à responsabilidade de projeto. Ao inserir uma família com informações detalhadas do sistema de um objeto (uma porta, por exemplo) torna-se necessário identificar se a responsabilidade pelas informações é do projetista ou do fabricante.

4.3 Nível de Informações de projeto

As informações necessárias sobre componentes variam conforme a fase do projeto, o que leva à necessidade de versões variadas do mesmo objeto. O ideal seria ter vários níveis de desenho do mesmo objeto, um com todas as informações e detalhes e outras versões mais simplificadas. Outro ponto analisado diz respeito à contribuição dos fabricantes em termos de informação nesses novos padrões de modelagem. Acredita-se que os fabricantes irão desenvolver os componentes de acordo com as necessidades identificadas pelos arquitetos. Além disso, foi constatado na pesquisa que diversos atributos disponíveis nos softwares não estão sendo utilizados (preço, por exemplo).

4.4 Como ganhar mais com projetos em BIM?

Uma das questões colocadas pelos escritórios é como fazer o cliente reconhecer a qualidade dos projetos desenvolvidos com o BIM e como ser remunerado por este aspecto. Alguns escritórios afirmam que acabam ganhando com o fornecimento de novos produtos (imagens, levantamento de quantitativos, entre outros). É interessante notar que os escritórios não apontaram ganhos de produtividade ou redução de prazos nos serviços. Porém isto talvez se deve ao tempo relativamente longo para incorporar vantagens deste tipo ou pela utilização das horas ganhas em virtude de uma suposta maior eficiência decorrente do uso de BIM em atividades de melhoria da qualidade do projeto.

4.5 Ensino do BIM

A universidade como berço da inovação tecnológica não pode ficar estática diante da revolução que se apresenta e deve contribuir na formação de profissionais preparados para o mercado de trabalho futuro.

5. CONCLUSÕES

Os principais motivos apontados para busca de utilização da tecnologia BIM dizem respeito à diminuição de erros de projeto e aumento de qualidade. A pesquisa indica que esses resultados estão sendo alcançados pelos escritórios de arquitetura analisados.

A maioria dos escritórios não obteve redução de prazo de projeto com a utilização do BIM. Acredita-se que essa redução só será possível com o aumento do uso da tecnologia, com a maior adaptação dos profissionais aos softwares e com a inserção efetiva dos demais projetistas e agentes no processo como um todo.

Observa-se na pesquisa, que o BIM propiciou um aumento da quantidade de informações disponíveis nos projetos realizados. Além disso, houve a geração de novos produtos antes não oferecidos ao cliente, como levantamentos de quantitativos e imagens 3D.

Outro ponto a ser destacado é que o uso do BIM ainda encontra-se muito restrito aos escritórios de arquitetura. A compatibilização de projetos que poderia ser facilitada, ajudando na diminuição de erros e facilitando as soluções de projeto, na verdade ainda ocorre nos moldes tradicionais do CAD. Fica claro que a questão da integração dos projetos precisa evoluir para que se garantam maiores lucros de tempo e ainda mais qualidade no projeto.

Verifica-se que os softwares ainda estão sendo subutilizados, uma vez que poucas informações relativas a outros integrantes do processo e da cadeia produtiva estão sendo agregadas ao modelo. É preciso que haja maior participação de fornecedores e clientes no processo para que maiores vantagens sejam alcançadas com a tecnologia.

Os softwares ainda precisam evoluir no que diz respeito a interoperabilidade. Muitas informações de projeto se perdem com a realização de trocas de arquivo em diversos formatos.

Embora não seja a única motivação para adoção do BIM, a promoção de empreendimentos imobiliários é um espaço de uso do BIM a se explorar e conhecer. É importante que a visão do arquiteto e os recursos do incorporador dividam o mesmo peso e responsabilidade sobre a qualidade e desempenho da edificação. E é nela que essa integração se inicia.

As empresas contratantes ainda não estão exigindo a utilização da tecnologia BIM pelos escritórios de arquitetura. As construtoras ainda estão começando a enxergar as reais vantagens oferecidas pelos projetos desenvolvidos em BIM e a sua influência positiva sobre

os demais processos da construção. Com a cobrança maior por esses clientes, os escritórios não terão como evitar essa evolução. Nesse momento as empresas que hoje estão se aventurando na implantação do BIM estarão a frente no mercado.

A utilização do BIM induz a redefinições quanto ao gerenciamento do processo de projeto e à discussão sobre as possibilidades ainda não exploradas pelos escritórios de projeto brasileiros. Os resultados do levantamento realizado nessa pesquisa indicam que a transição do uso do CAD para o BIM exige uma série de adaptações no processo de trabalho dos escritórios que se apresentam como barreiras para a adoção dos softwares.

REFERÊNCIAS

CHENG, J.; LAW, K.H.. **Using Process Specification Language for Project Information Exchange**. 3rd International Conference on Concurrent Engineering in Construction. University of California: Berkeley, 2002. p. 63-74. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.23.7277.pdf>> Acesso em 08set. 2006.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. 329f. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2002

FIESP. (2008). FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Construbusiness 2008**. São Paulo: FIESP, 2008. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/deconcic/pdf/apreset_construbusiness_7ed.pdf> Acesso em 10jan.2009

FRANK, R. BIM está mudando a maneira de projetar no mundo inteiro. **PINIWeb**, São Paulo, Noticiário Arquitetura. jun2008. Disponível em <<http://www.piniweb.com.br/constucao/arquitetura/bim-esta-mudando-a-maneira-de-projetar-no-mundo-inteiro-93523-1.asp>> Acesso em 10jan.2009

GARCIA, A.C.B.; KUNZ, J.; EKSTORN, M.; KIVINIEMI, A. **Building a project ontology with extreme collaboration and virtual design & construction**. CIFE Technical Report 152. Stanford, CA: Stanford University, 2003. Disponível em <<http://cife.stanford.edu/online.publications/TR152.pdf>> Acesso em 10jan.2009.

GOBIN, C. **Le cycle conception-construction-maintenance, la démarche pro-active, une méthodologie reproductible à d'autres opérait**. In: BOBROFF, J.(ORG.). La gestion de projet dans la construction – enjeux, organisation, methodes et metiers. Paris, École Nationale des Ponts et Chaussées, 1993. P.67-82.

ITO, A. L. (2007). **Gestão da informação no processo de projeto de arquitetura**: estudo de caso. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Setor de Tecnologia Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2007.

KALE S.;ARDITI D. **Diffusion os computer aided design technology em architectural practice**. Journal of Construction Engineeringand Management (ASCE), v. 131, p.1135-1141, 2005.

KIVINIEMI, A. **Requirements Management Interface to Building Product Models**.CIFE Technical Report 161. Stanford, CA: Stanford University, 2005. Disponível em <<http://cife.stanford.edu/online.publications/TR161.pdf>> Acesso em 10 jan.2009

RUNDELL, R. 1-2-3 REVIT: BIM in Brazil. **Cadalyst**– AEC. Newton-Massachussets-USA. 10mar2006. Disponível em < <http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=311918>>. Acesso em 10 jan.2009.

SCHEER, S., ITO, A., AYRES FILHO, C. A., AZUMA, F., BEBER, M.. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura**. VII Workshop Brasileira de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba: UFPR, 2007.7 p.

ALGUMAS ABORDAGENS PARA REPRESENTAÇÃO DETALHADA DE ELEMENTOS DE PAREDES DE ALVENARIA EM FERRAMENTAS BIM

Ari Monteiro (1); Rita Cristina Ferreira (2); Eduardo Toledo Santos (3)

(1) Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP,
e-mail: ari_mont@yahoo.com.br,

(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP,
e-mail: rita@dwg.arq.br,

(3) Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP,
e-mail: eduardo.toledo@poli.usp.br

Resumo

As novas ferramentas CAD que suportam o conceito de Building Information Modeling (BIM) baseiam-se na modelagem 3D da geometria do edifício instanciando objetos contidos em famílias. Alguns destes objetos possuem geometria bastante detalhada, enquanto outros se restringem às suas fronteiras mais externas. No caso do objeto “parede”, esta representação limita-se às suas faces externas e uma lista de camadas utilizadas para representar sua composição interna (núcleo e revestimentos). Esta representação torna o arquivo mais leve, favorecendo o desempenho da aplicação. No entanto, para projetos que necessitam de um nível de detalhe superior àquele oferecido por esta solução, como o projeto para produção de vedações verticais em alvenaria (PPVVA), uma representação 3D completa dos elementos da parede é importante. Neste cenário, surge uma questão: como representar os elementos da parede de maneira a atender aos requisitos do PPVVA e, ao mesmo tempo, não degradar o desempenho de manipulação do modelo BIM? Este trabalho propõe duas abordagens principais, comparando-as de forma a identificar suas vantagens e desvantagens para subsidiar uma escolha. A estratégia básica adotada neste trabalho foi a criação de uma família especial na qual um conjunto de blocos já se encontra modelado internamente, utilizando-se um array paramétrico para replicar automaticamente estes blocos e assim compor paredes de qualquer comprimento e altura. Uma análise comparativa destas abordagens é apresentada, destacando-se as suas vantagens e desvantagens. A viabilidade de cada método foi estudada, restringindo-se ao software Autodesk Revit® Architecture 2009, considerando-se os processamentos para geração de vistas 2D e quantificação de componentes, bem como consumo de memória e processamento ligados a cada abordagem, permitindo a tomada de decisão no nível de implementação.

Palavras-chave: Projeto para produção de alvenaria, parametrização, BIM, Revit®.

1. INTRODUÇÃO

Os objetos AEC disponibilizados nas ferramentas BIM possuem níveis de detalhe variados. Alguns destes objetos apresentam geometria bem detalhada, enquanto outros se restringem ao seu volume, suprimindo detalhes da sua composição.

Um exemplo é o objeto *wall* (parede) cuja representação gráfica está limitada às suas dimensões externas. A composição da parede também é representada a partir de uma lista de camadas que definem as características do seu núcleo e de eventuais revestimentos.

Esta representação padrão resulta em arquivos mais leves, que favorecem o desempenho da aplicação. Entretanto, observa-se que, para atender projetos para produção como o PPVVA, é exigido um nível de detalhe superior ao oferecido nas ferramentas BIM disponíveis até o

momento no mercado.

A exigência de uma representação 3D mais completa destes elementos no PPVVA advém da intensa atividade de compatibilização entre subsistemas presente neste tipo de projeto. Porém, incrementar o nível de detalhe dos objetos 3D pode acarretar a diminuição do desempenho da aplicação já que uma parede de dimensões medianas é composta por centenas de blocos.

Segundo Eastman (2006), a definição de um modelo de edifício no nível de construção, isto é, com um alto nível de detalhe, é um complicado empreendimento que requer a definição e gerenciamento de milhões de objetos.

Este trabalho tem como objetivo responder à seguinte questão: como representar os elementos da parede de maneira a atender aos requisitos do PPVVA e, ao mesmo tempo, não degradar o desempenho de manipulação do modelo BIM?

Para isto foram estudadas as necessidades de representação para os elementos de uma parede no contexto do PPVVA (seção 2) e duas alternativas de representação para estes elementos (seção 3).

Foram executados experimentos de aplicação (seção 4) destas alternativas usando o Revit® Architecture 2009 que é um dos produtos da solução BIM fornecida pela Autodesk Inc. (AUTODESK, 2008a). Após estes experimentos, os resultados foram analisados (seção 5) com o objetivo de avaliar (seção 6) qual das duas alternativas é a mais adequada para o PPVVA.

2. PPVVA E BIM

A alvenaria “consiste em dispor pedras, tijolos, etc., com argamassa ou não (CORONA; LEMOS, 1972, p. 37), incluindo diversos outros elementos, tais como ferro para reforço, graute, vergas, contravergas etc. (CHING, 1999). Estes elementos podem ser agrupados em três categorias específicas:

- Elementos básicos: blocos, pedras, tijolos;
- Elementos de junção: juntas (que podem ser preenchidas ou não com material aglutinante);
- Elementos de estruturação: vergas, contravergas, telas, etc.

Como o próprio nome diz, os elementos básicos representam a maior parte da composição da parede, sendo estas partes ligadas entre si por juntas. A função das juntas é conferir estabilidade própria aos elementos básicos, bem como garantir outros fatores de desempenho, tais como isolamento acústico e térmico, impermeabilização etc. Os elementos de estruturação têm a função de conferir desempenho adequado à parede nas ligações com outros subsistemas e ou componentes, tais como portas, janelas, vigas, lajes, pilares, etc.

Scheer et al. (2008) sugerem alguns requisitos que ferramentas BIM devem atender para serem úteis no projeto detalhado de alvenaria. Alguns destes requisitos foram considerados nas propostas apresentadas neste trabalho.

3. ALTERNATIVAS PARA REPRESENTAÇÃO

Foram propostas duas alternativas para representação dos elementos do PPVVA: uma explícita e outra implícita. Os tópicos seguintes descrevem estas alternativas.

Para a implementação destas alternativas foi utilizado o conceito de famílias de objetos no Revit® Architecture 2009. Uma família é um grupo de elementos que possuem um conjunto

de propriedades comuns (parâmetros) e uma representação gráfica. Diferentes elementos de uma família podem ter diferentes valores em alguns ou todos os seus parâmetros, mas o conjunto de parâmetros (seus nomes e significados) é o mesmo. Estas variações dentro da família são chamadas de tipos ou tipos da família (AUTODESK, 2009).

Para utilizar uma família, inicialmente, esta deve ser carregada no projeto. Uma vez carregada, os tipos desta família podem ser instanciados no projeto por meio de um comando específico do Revit®. A partir daí, cada instância pode ter seus parâmetros alterados para atender a necessidades específicas do projeto.

Considerando um dos requisitos do PPVVA a necessidade também de representação de vergas e outros elementos constituintes da parede que não blocos e juntas, acredita-se que esses elementos podem ser tratados como o são as vigas, pilares, tubulações, eletrodutos, etc., ou seja, são elementos externos que serão representados explicitamente, na forma usual do Revit®. Sendo a quantidade relativa destes elementos pequena, não requerem uma representação especial para manter o desempenho do sistema. Além do mais, esses elementos já são representados por outros modelos do Revit® (*MEP, Structural*), os quais estão fora do escopo deste artigo. É necessário criar famílias de vergas e telas/fios para apoiar a modelagem, mas estes serão, a princípio, elementos convencionais.

3.1. Representação explícita

Para simplificar o problema, este artigo foca apenas a representação dos blocos de concreto utilizados para compor a modulação de uma parede. As juntas entre os blocos foram representadas como parâmetros da família, ao invés de elementos 3D.

O primeiro passo no processo de implementação desta alternativa de representação foi a definição da família de blocos que seria modelada no Revit®. Como a idéia era apenas representar qualquer família de blocos, decidiu-se pelos blocos de concreto de um fabricante tradicional, cujas especificações foram coletadas em seu site (GRESKA, 2008).

Após a definição da família de blocos, passou-se à modelagem desta família no Revit®. Para criar uma família, o software dispõe de diversos *templates* (arquivos modelo). A escolha do arquivo modelo depende de como os tipos da família deverão interagir com os outros elementos do projeto (AUTODESK, 2008b).

No caso específico dos blocos de alvenaria, a ideia é que eles fiquem hospedados em objetos parede. Entre os arquivos modelos (*templates*) disponíveis, o que atendeu a estas especificações foi o *Metric Generic Model wall based.rft*. Este tipo de modelo é utilizado para criar famílias de objetos cujos tipos podem ser instanciados apenas dentro de paredes.

Outra característica interessante da utilização deste tipo de arquivo modelo é que algumas dimensões do objeto definido na família podem se ajustar em função das dimensões da parede. Considerando esta característica, o parâmetro da espessura do bloco foi vinculado à espessura do núcleo da parede, ficando os parâmetros comprimento e altura do bloco definidos pelos tipos da família. É um comportamento simplificado em relação aos requisitos do PPVVA, que preveem a possibilidade de diferentes tipos de blocos na mesma parede.

Para definir o ponto de inserção do bloco, foi necessária a definição de um parâmetro chamado *centro* e o alinhamento do bloco na base da parede de referência existente no arquivo modelo. O parâmetro *centro* ficou definido em função do parâmetro comprimento do bloco, tendo seu valor calculado pela fórmula *comprimento/2*. Este também é um comportamento simplificado, pois pode-se ter diferentes alinhamentos de blocos numa parede.

Finalmente, foram definidos os tipos da família de blocos considerando apenas seus comprimentos e alturas (Figura 1).

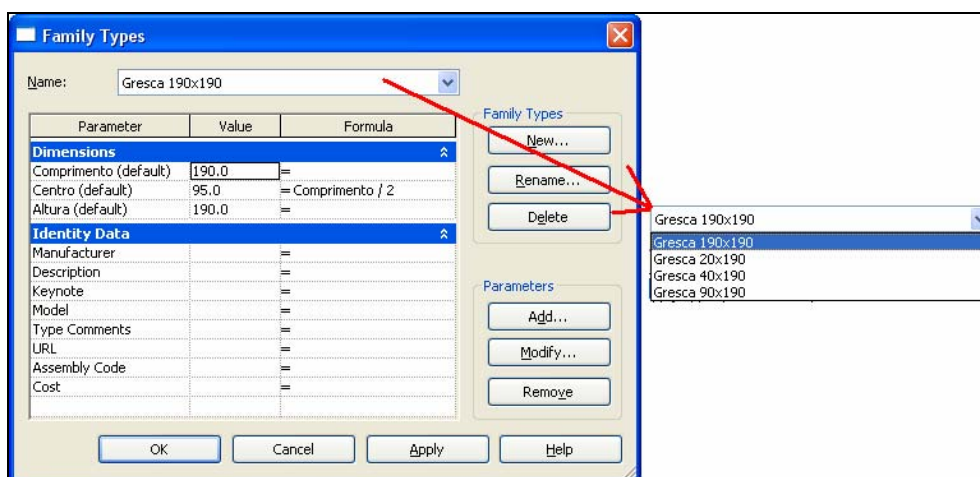


Figura 1 - Tipos da família de blocos Gresca.

O Revit[®] possui o conceito de *nested families* (famílias aninhadas). Este conceito permite a criação de famílias que incluem outras famílias. Utilizando este conceito, foi criada uma família chamada *alvenaria*, onde tipos da família de blocos foram instanciados na forma de um *array* parametrizado.

Arrays são conjuntos de elementos que se repetem. Os *arrays* lineares são distribuídos sobre uma linha reta e os radiais/polares sobre um arco. No comando de criação de *arrays*, o número de elementos é sempre um dos parâmetros. O outro parâmetro é o espaçamento entre os elementos ou o comprimento/ângulo total. No caso dos *arrays* paramétricos, os elementos são sempre associados e os parâmetros podem ser editados, de forma que a movimentação de um elemento automaticamente altera o espaçamento entre os demais, mantendo-o uniforme. A alteração no número de elementos provoca sua redistribuição no comprimento total, se este for um dos parâmetros.

Na família *alvenaria* foram definidos parâmetros para controlar o número de itens do *array* paramétrico em função do comprimento e da altura da parede. Segundo Ferreira (2007, p. 50), rotinas AutoLISP[™] podem ser utilizadas para automatizar a atividade de modulação no AutoCAD[®]. O acesso a estas rotinas viabilizou o uso de alguns dos parâmetros necessários na concepção da família *alvenaria* (Figura 2).

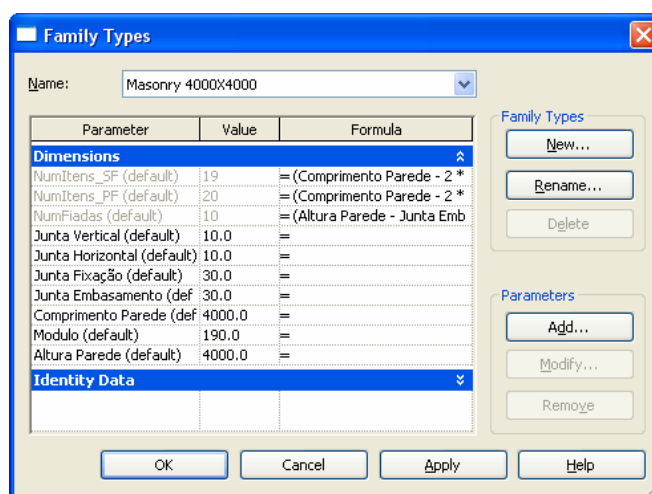


Figura 2 - Parâmetros da família alvenaria.

Os parâmetros definidos para controlar o número de elementos do *array* paramétrico têm seus valores controlados por fórmulas que, por sua vez, utilizam os demais parâmetros da família *alvenaria*. Os parâmetros Comprimento Parede e Altura Parede foram criados porque não foi encontrado na documentação disponível do Revit® Architecture 2009, uma forma de referenciar estes parâmetros nas fórmulas (AUTODESK, 2008b; AUTODESK, 2008c; AUTODESK, 2009).

O ideal seria que, ao instanciar um tipo da família *alvenaria* sobre uma parede do projeto, fosse possível captar automaticamente desta os valores correspondentes ao seu comprimento e altura. Sendo assim, para utilizar esta família, o projetista deverá atribuir valores a estes (comprimento e altura) e aos demais parâmetros após a instanciação do tipo.

Quando tipos de uma família aninhada são instanciados, seus elementos internos não podem ser acessados. Neste caso os blocos não podem ser contabilizados e os tipos da família de blocos não podem ser instanciados (AUTODESK, 2009).

Entretanto, o Revit® possui o conceito de *shared families* (famílias compartilhadas). Este conceito permite habilitar o acesso aos tipos das famílias utilizadas para compor uma família aninhada. A família de blocos foi adaptada para incorporar o conceito de famílias compartilhadas, utilizando o comando *Settings > Family Category and Parameters*.

3.2. Representação Implícita

A representação implícita propõe que não sejam modelados os blocos, as juntas e demais elementos da parede. Ao invés de modelar estes elementos de forma independente, a idéia desta proposta é que uma família de parede especial seja criada.

Esta nova família deverá incorporar a representação dos blocos e juntas por meio de um *array* parametrizado. Já a representação dos elementos de estruturação ficaria a cargo de famílias independentes que teriam seus tipos instanciados sobre paredes desta família especial. A família de parede especial deverá também regenerar automaticamente o *array* paramétrico após a instanciação de um tipo pertencente a uma família de interface (vergas, contravergas), de janela ou porta.

No Revit®, os objetos parede são definidos a partir de famílias especiais chamadas famílias de sistema. Famílias deste tipo não podem ser criadas e sua definição é uma “caixa-preta”, isto é, não há como acessar sua implementação (AUTODESK, 2008c). O máximo de customização permitida para famílias de sistema é a criação de novos tipos, que sempre respeitarão as definições (parâmetros) originais da família (AUTODESK, 2009).

A criação de novos tipos dentro de uma família de parede permitiu a criação de novas camadas (Figura 3) com suas características, mas não permitiu a criação de novos parâmetros, que seriam úteis para a implementação de um *array* paramétrico.

Na definição das camadas de uma parede é possível representar blocos usando uma hachura. Inclusive já existem famílias com estas características (AUTODESK, 2008b), mas não foi possível representar com hachura os vários módulos de uma família de blocos. Além disso, uma modulação pode assumir diversas configurações diferentes em função dos elementos de interface e elementos pertencentes a outros subsistemas, como os de instalações, por exemplo.

Considerando as limitações apresentadas para a concepção da família de parede especial, partiu-se para uma adaptação da representação explícita adotada para os blocos. Foi criada uma família aninhada chamada *alvenaria 2D* com os blocos representados em 2D (apenas a face frontal dos blocos).

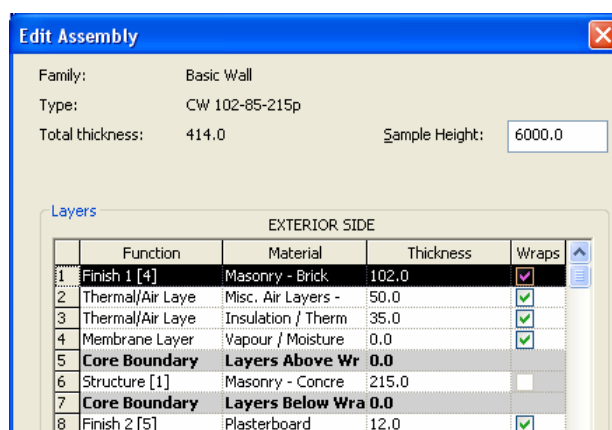


Figura 3 - Definição de camadas em um tipo da família Basic Wall.

4. EXPERIMENTOS DE APLICAÇÃO

Utilizando as famílias de objetos descritas na sessão anterior, foram executados experimentos de aplicação com o objetivo de avaliar qual das alternativas de representação propostas é a mais adequada para o PPVVA. O Quadro 1 descreve as configurações do computador utilizado para realizar os experimentos.

Modelo	NOTEBOOK ACER ASPIRE 4520
Processador	AMD ATHLON X2 64 BITS
Memória RAM	2 GB
Memória Virtual	2 GB
Disco Rígido	TOSHIBA MK 1646GSX 150 GB
Adaptador de Vídeo	NVIDIA GEFORCE 7000M/NFORCE 610M 512 MB
Sistema Operacional	WINDOWS XP PROFESSIONAL SP3 32 BITS

Quadro 1 - Configuração do computador utilizado

Nestes experimentos, foi considerada a modulação de uma parede “cega”, isto é, sem aberturas e elementos estruturais. Embora este tipo de parede seja uma exceção no PPVVA, ela se mostrou eficiente para chegar a algumas conclusões acerca do problema abordado neste artigo: a representação dos blocos e juntas de uma parede de alvenaria.

4.1. Experimento 1 – Família de Blocos

Neste experimento foi utilizada a família de blocos criada para executar a modulação de uma parede. Abaixo, estão descritos os passos deste experimento:

1. Arquivo de parede:
 - a. Criação de um novo arquivo de projeto contendo uma parede da família Basic Wall: Interior Blockwork 140, com 4 metros de comprimento e 4 metros de altura;
 - b. Carregamento da família de blocos, criada previamente, no projeto;
 - c. Instanciação de dois blocos inteiros e um meio bloco para compor os elementos iniciais da primeira e segunda fiadas;
 - d. Posicionamento destes blocos utilizando o comando Dimension;
 - e. Replicação dos blocos da primeira fiada usando o comando *Array* com opção *Group and Associate* marcada. Esta opção permite associar os elementos do *array* e agrupá-los, tornando o *array* paramétrico;

- f. Replicação dos blocos da segunda fiada usando o comando *Array* com opção *Group and Associate* marcada;
 - g. Instanciação de um meio bloco para finalizar a segunda fiada;
 - h. Replicação da primeira e segunda fiadas, no sentido da altura da parede, usando o comando *Array* com opção *Group and Associate* marcada.
2. Cópia do arquivo de parede:
 - a. Criação de três cópias do arquivo de parede usando o comando *File > Save As*.
 3. Arquivo mestre:
 - a. Criação de um novo projeto para agrupar as cópias das paredes;
 - b. Inserção de referências das paredes usando o comando *File > Import/Link > Revit*;
 - c. Cópias das referências dentro do projeto usando os comandos *Copy* e *Mirror*.
 4. Quantificação de blocos:
 - a. Extração de quantitativo de blocos usando o comando *Schedule/Quantities* no painel *View*.
 - b. Plantas de primeira e segunda fiadas:
 - c. Extração de plantas de primeira e segunda fiadas usando os comandos de geração de vistas do Revit (Figura 4).

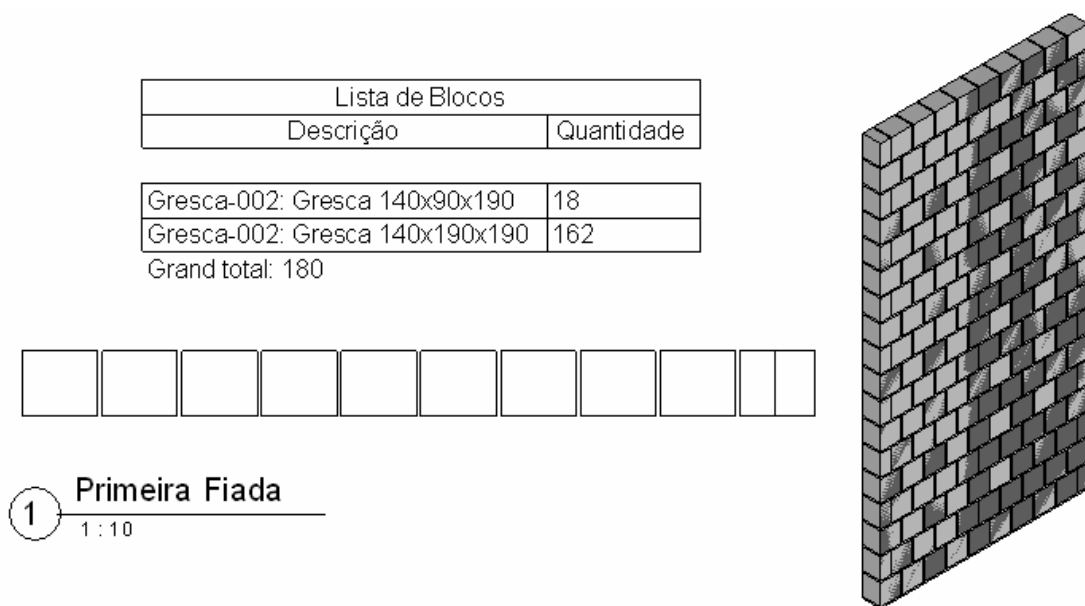


Figura 4 - Planta de primeira fiada e quantitativo de blocos extraídos do modelo 3D de uma parede construída com a família de blocos desenvolvida.

4.2. Experimento 2 – Família Alvenaria

Neste experimento foi utilizada a família *Alvenaria* (compartilhada e aninhada) para executar a modulação de uma parede. Esta família contém instâncias da família de blocos dispostos na forma de um *array* paramétrico. Abaixo, estão descritos os passos deste experimento:

1. Arquivo de parede:
 - a. Criação de um novo arquivo de projeto contendo uma parede da família *Basic Wall: Interior Blockwork 140*, com 4 m de comprimento e 4 metros de altura;
 - b. Carregamento da família *Alvenaria* no projeto;
 - c. Instanciação do tipo padrão da família *Alvenaria*;
 - d. Edição dos parâmetros do tipo instanciado (juntas, comprimento e altura da

parede) para regeneração do *array* paramétrico.

2. Cópia do arquivo de parede:
 - a. Idem experimento 1.
3. Arquivo mestre:
 - a. Idem experimento 1.
4. Quantificação de blocos:
 - a. Idem experimento 1.
5. Plantas de primeira e segunda fiadas:
 - a. Idem experimento 1.

Além destes experimentos, um terceiro foi realizado usando a família alvenaria 2D. No entanto, não foi possível extrair plantas de primeira e segunda fiadas, pois apenas as faces frontais dos blocos foram representadas nesta família.

Também foi estudada a alternativa de criar uma família para representar fiadas, ao invés de uma modulação completa da parede. O objetivo foi verificar se a utilização desta família deixaria a manutenção das fiadas mais prática. As rotinas AutoLISP™ utilizadas por Ferreira (2007) utilizam regras para distribuição de blocos numa fiada, mas não foi possível incorporar estas regras utilizando fórmulas na definição da família proposta pois o recurso de fórmulas é muito simples se comparado aos recursos de programação disponíveis na linguagem AutoLISP™. O Revit não permite programar novos comandos usando fórmulas em famílias. As regras contidas nas rotinas usadas por Ferreira (2007) não só calculavam as juntas dos blocos, mas também selecionavam os módulos de bloco mais adequados em função do comprimento da parede. Nestas rotinas AutoLISP™, o *array* paramétrico era montado em tempo de execução para se adaptar aos diversos comprimentos de parede. No caso do Revit®, o mesmo *array* está predefinido na família alvenaria.

5. ANÁLISE

5.1. Experimento 1 – Família de Blocos

Os arquivos gerados neste experimento utilizaram os comandos padrão do Revit® (*Array* e *Dimension*) para distribuição dos blocos. O posicionamento e edição de cada bloco mostraram-se bastante flexíveis. Em cada fiada foi possível modificar o número de itens do *array* e trocar os módulos dos blocos quando necessário.

Quando o comando *Array* é utilizado, o Revit® cria um grupo de objetos se a opção *Group and Associate* for habilitada (AUTODESK, 2008b). Após o comando é possível alterar o número de elementos sem desagrupar o *array*, mas se for necessário trocar algum bloco dentro do *array*, o desagrupamento precisa ser feito, perdendo-se a parametrização do *array*.

Como relação ao tempo de resposta nos comandos de visualização (*Rotate*, *Zoom*, *Pan*), verificou-se que no arquivo de parede o desempenho do Revit® foi bom. Mas, na visualização do arquivo mestre contendo 16 paredes cegas, sendo 4 delas referências e demais cópias destas referências, o desempenho de regeneração caiu um pouco com relação ao caso anterior. Também foram contabilizados os tamanhos dos arquivos gerados neste experimento (Tabela 1).

Descrição	Espaço em Disco	Espaço em Memória RAM (aprox.)
Família de blocos Gresca	196 KB	47 KB
Arquivo de Parede (140x4000x4000 mm)	676 KB	75 KB
Arquivo mestre com 16 paredes	1988 KB	117 KB

Tabela 1 - Tamanho dos arquivos no experimento 1.

5.2. Experimento 2 – Família Alvenaria

Neste experimento, o posicionamento dos blocos foi automatizado pelo *array* parametrizado incorporado no tipo padrão da família alvenaria. O posicionamento da modulação predefinida na família alvenaria foi executado com o comando *Dimensions* do Revit®.

Depois de instanciar o tipo padrão da família alvenaria, o projetista de vedações precisa atualizar os parâmetros da instância para regenerar o array paramétrico. Verificou-se que o tempo de regeneração do array foi muito alto, chegando a demorar, em alguns casos, vários minutos, dependendo das dimensões da parede (comprimento e altura).

Nos comandos de visualização (*Rotate*, *Zoom*, *Pan*) e tempo de resposta foi mais rápido na manipulação do arquivo mestre, comparado com o arquivo mestre gerado no experimento 1. O Revit® otimizou a exibição das paredes compostas pela família alvenaria. O tamanho dos arquivos gerados no experimento 2 estão relacionados na Tabela 2.

Descrição	Espaço em Disco	Espaço em Memória RAM (aprox.)
Família de blocos Gresca	196 KB	47 KB
Família alvenaria	504 KB	67 KB
Arquivo de Parede (140x4000x4000 mm)	1952 KB	75 KB
Arquivo mestre com 16 paredes	684 KB	103 KB

Tabela 2 - Tamanho dos arquivos no experimento 2.

6. CONCLUSÕES

No PPVVA, uma alvenaria pode assumir diversas configurações em função das necessidades específicas de compatibilização com os subsistemas e ou elementos (verga, contraverga etc.) com os quais faz interface. Para viabilizar a compatibilização entre diversos subsistemas, a representação dos elementos de uma parede torna-se crucial.

Para atender a este requisito do PPVVA, o caminho foi adotar uma representação explícita dos elementos da parede. Embora esta abordagem naturalmente degrade o desempenho da aplicação, ela foi a que ofereceu mais flexibilidade para projetista de vedações.

A utilização de um *array* paramétrico para representar uma modulação mostrou-se ser uma solução interessante para automatizar o processo de distribuição dos blocos utilizando os recursos padrão do Revit®. Entretanto, esta solução não ofereceu flexibilidade na edição das fiadas e na resolução automática das diversas possibilidades de modulação disponíveis para uma determinada família de blocos.

Durante o processo de compatibilização, o projetista de vedações precisa com frequência alterar a distribuição dos blocos na parede. Desta forma, mesmo sendo prático, o *array* paramétrico acabará sempre sendo desfeito neste processo. Esta característica do PPVVA acaba tornando a modulação um componente dinâmico e de difícil implementação usando um *array* paramétrico.

Outra solução estudada foi uma família de fiadas com um *array* paramétrico. A ideia foi trabalhar com a instanciação apenas de fiadas, ao invés de uma modulação completa da parede, com o objetivo de aumentar a flexibilidade de manutenção das fiadas. Entretanto, não foi possível incorporar nesta família de fiadas as regras de distribuição de blocos utilizadas

por Ferreira (2007) dentro de suas rotinas AutoLISP™. As regras contidas nestas rotinas AutoLISP™ selecionavam os módulos de blocos e calculavam as juntas verticais em função do comprimento da parede, de forma otimizada. O recurso de fórmulas utilizado dentro da definição de parâmetros em famílias não oferece suporte para este tipo de customização (AUTODESK, 2008b).

Com relação à implementação da representação implícita dos elementos de uma parede, foi estudado o recurso *custom patterns* (hachuras personalizadas). Verificou-se que é possível criar novos padrões de hachura e aplicá-los nas faces externas das paredes, de forma a simular um revestimento. No entanto, os controles para parametrização de hachuras são muito simples, e estão limitados ao controle do espaçamento e inclinação dos elementos. Também é possível utilizar uma linguagem de descrição para definir novos padrões de hachura, mas nessa linguagem não foi possível descrever toda complexidade de uma modulação.

As limitações encontradas para implementar uma representação implícita usando famílias não excluem a possibilidade de utilizar os recursos de programação do Revit®. Pretende-se investigar, a seguir, a viabilidade técnica para implementação desta representação usando a API (*Application Programming Interface*) do Revit® Architecture 2009. Neste caso, os blocos não necessariamente seriam representados explicitamente em 3D.

As conclusões deste trabalho estão limitadas ao escopo dos recursos disponibilizados no Revit® Architecture 2009, o que não descarta um trabalho de pesquisa similar em outras ferramentas BIM, com objetivo de verificar qual das ferramentas disponíveis no mercado é mais adequada para o PPVVA.

REFERÊNCIAS

- AUTODESK. **Building Information Modeling: The Power of BIM**. 2008a. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/bim>>. Acesso em: 25 mar. 2008a.
- AUTODESK. **Revit Architecture 2009: User's Guide**. 2008b.
- AUTODESK. **Melhores práticas para a criação de componentes paramétricos (famílias) com o Autodesk Revit**. 2008c. 15p. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/bim>>. Acesso em: 15 out. 2008.
- AUTODESK. **Revit Architecture 2009: Families Guide – Metric Tutorials**. 2009. 812p. Disponível em: <<http://www.autodesk.com/revitarchitecture-documentation>>. Acesso em: 05 jan. 2009.
- CHING, F. D. K. **Dicionário Visual de Arquitetura**. São Paulo: Ed Martins Fontes, 1999.
- CORONA, E.; LEMOS, C. **Dicionário da Arquitetura Brasileira**. São Paulo: Edart, 1972.
- EASTMAN, C. **New Opportunities for IT Research in Construction**. In: SMITH, I.F.C. EG-ICE 2006/ LNAI 4200. Berlin:Springer, 2006. p. 163-174.
- FERREIRA, R. C.. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- GRESKA. **Vedação 39 cm**. 2008. Disponível em: <<http://www.ceramicagresca.com.br>>. Acesso em: 20 set. 2008.
- SCHEER, S.; AYRES FILHO, C.; AZUMA, F.; BEBER, M. CAD-BIM requirements for masonry design process of concrete blocks. In: CIB W78 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION, 25., 2008, Santiago. **Proceedings...** Santiago:Universidad de Talca/Stanford University, 2008, p. 40-47.

SISTEMA PARA APOIO AO PLANEJAMENTO E PROJETO DO LEIAUTE DE CANTEIRO DE OBRAS

Marcia Regina de Freitas (1); Eduardo Toledo Santos (2)

(1) Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP

e-mail: marciar.f@ig.com.br

(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP

e-mail: eduardo.toledo@poli.usp.br

Resumo

O planejamento e a elaboração de projetos formais de leiaute de canteiro de obras, assim como sua atualização, podem garantir a estabilidade dos processos de execução. É na fase de planejamento prévio que prováveis dificuldades futuras podem ser antecipadas e evitadas na distribuição dos elementos no canteiro, otimizando a ocupação dos espaços, reduzindo possíveis desperdícios de materiais e perda de tempo com reposicionamentos e transportes de materiais e pessoas no interior da obra. Apesar das vantagens com planejamentos bem feitos e que realmente considerem a realidade da obra, existem dificuldades de aplicação das metodologias existentes criadas para auxiliar os profissionais da área. Mudanças na mentalidade dos profissionais envolvidos são perceptíveis, principalmente em empresas maiores onde a cobrança pelos resultados positivos é mais rigorosa. O atual panorama da construção civil corrobora na busca e valorização de atividades que garantam aumento na produtividade e qualidade das construções. Visando a busca de melhorias que incidam sobre o planejamento e adequação do projeto de leiaute de canteiros, uma pesquisa foi desenvolvida, culminando com a criação de uma ferramenta computacional que considera o leiaute do canteiro como um instrumento real para o sucesso do processo de execução, ou ao menos, para a minimização das possíveis dificuldades. Trata-se de um sistema que se alimenta inicialmente dos dados obtidos através do MS Project, software de planejamento popular entre planejadores de obras, colaborando na elaboração de um projeto de leiaute de canteiro que considera os estoques necessários, datas de recebimento de materiais, a forma de estocagem e a divisão de fases da construção. O sistema, nomeado SAP-LCO Virtual, é uma ferramenta simples e que se aproxima da forma manual dos profissionais para elaborar leiaute. Este trabalho descreve o sistema e destaca a possibilidade dos profissionais contarem com leiaute do canteiro atualizado, de forma a ser um instrumento realmente útil.

Palavras-chave: Arranjo Físico, Canteiro de Obras, Construção Civil, Tecnologia da Informação.

1. INTRODUÇÃO

O ato de planejar uma obra significa adequar as atividades para o cumprimento de prazos, recursos financeiros, materiais e a mão-de-obra envolvida, podendo ser a diferença entre o sucesso ou fracasso em uma construção. O que se espera é que, a partir de um bom planejamento, a obra possa se desenvolver sem percalços significativos que possam inviabilizá-la em alguns quesitos, ou até no todo.

O planejamento tem papel importante na realidade atual das empresas de construção civil que buscam redução de custos e aumento dos lucros (HERNANDES; JUNGLES, 2005). A necessidade de incrementar lucros melhorando a qualidade e produtividade no processo de construção levou a mudanças de atitudes que se refletiram no setor como um todo. Isto se aplica principalmente na atual realidade do setor que vem sendo modificada pelos programas

setoriais de qualidade. O combate à postura de acomodação de empresas e profissionais, através de ações que lhes têm conferido sucesso, tem provocado uma alteração do panorama geral encontrado.

No planejamento de uma obra, a quantidade e qualidade das informações a serem gerenciadas são maiores de acordo com o nível de detalhamento, o que pode gerar um volume significativo. O profissional tem que lidar com os dados da obra, mantendo em mente a logística, a seqüência lógica de construção e a utilização dos recursos financeiros dentro de um domínio espacial e temporal (CHAU; ANSON; ZHANG, 2003). Para facilitar o gerenciamento das informações envolvidas no planejamento, o mercado tem oferecido ferramentas para apoiar o profissional, buscando oferecer métodos que visam sempre os resultados mais viáveis, tanto técnica como financeiramente.

O que se nota é que o setor de construção civil teve que passar por um período de transição para se adequar às pressões do mercado, onde as empresas buscam menores custos, melhorias em qualidade e flexibilidade no atendimento das exigências dos clientes (SALES; BARROS NETO; ALMINO, 2004). A inserção da Tecnologia da Informação, nesse caso, vem se dando de maneira paulatina para que os processos sejam mudados sem grandes transtornos.

Focando exatamente o planejamento de canteiro de obras, sabe-se que o profissional a cada obra se depara com intervenientes diferentes e deve lidar com eles para encontrar o melhor arranjo físico que garanta as condições de trabalho, segurança e distribuição dos elementos, entre outros fatores a serem analisados e definidos. Com as informações sobre custos, prazos, insumos, espaços, mão-de-obra etc. é mais provável que se consiga antever e evitar problemas que poderão comprometer o andamento da execução. Nesse sentido, a implementação de Tecnologias da Informação pode auxiliar, conduzindo a uma maior rapidez na transmissão da informação, minimizando erros de interpretação dos dados, facilitando o acesso adequado aos envolvidos no processo e disponibilizando a informação necessária em tempo real sobre a situação da produção (NASCIMENTO; SCHOELER, 1998).

2. A CONTRIBUIÇÃO DA APLICAÇÃO DE RECURSOS DE TI PARA A MODERNIZAÇÃO DO SETOR

As informações referentes ao processo de construção de edificações são apresentadas em diversas formas: desenhos, planilhas de composição de custos, relatórios orçamentários, gráficos, diagramas de programação, contratos. Melhorias nos fluxos dessas informações podem ser promovidas através de implementações de Tecnologias da Informação (TI), buscando-se maior integração entre elas e os intervenientes do processo (NASCIMENTO; SCHOELER, 1998).

Em se tratando de canteiro de obras, as dificuldades de organização das informações inerentes tornam as relações entre os agentes um tanto complexas devido à característica multidisciplinar e multiparticipativa do setor e, em muitos casos, apesar de existirem informações importantes para diversos departamentos, a ineficiência na transferência e intercâmbio compromete seu fluxo (VILLAGARCÍA ZEGARRA; FRIGIERI JÚNIOR; CARDOSO, 1999).

Em Nascimento e Santos (2002) é feita uma análise sobre as dificuldades encontradas para adequação do setor de construção civil em relação à adoção da tecnologia de informação. Segundo conclusão dos autores à época, os fatores encontrados como freio na utilização da TI não estão relacionados ao subdesenvolvimento do país, colocando o Brasil, em termos gerais, no mesmo nível de outros países mais desenvolvidos. São encontradas dificuldades divididas em quatro grandes grupos: ligadas aos profissionais, aos processos, ao setor/empresas e à

própria tecnologia. As barreiras são encontradas em maior número quando relacionadas aos profissionais, o que dá uma idéia de que o engenheiro ainda é conduzido pela forma comumente encontrada nas empresas onde a gerência, muitas vezes, tem dificuldades em aceitar o que já se ensina nas universidades.

Apesar das dificuldades citadas, a inserção da TI na construção civil e sua adoção podem significar uma resposta eficaz para obtenção de melhor coordenação e comunicação nas empresas; sendo assim, sua incorporação há tempos era vista como tendência (VILLAGARCÍA ZEGARRA; FRIGIERI JÚNIOR; CARDOSO, 1999).

Todas as ações tomadas visando à modernização do setor e seus processos são pertinentes no momento atual com o crescimento da economia do país e onde a construção civil, considerada um termômetro nessa questão, está em processo de desenvolvimento. Dessa forma, é exigido que ocorram mudanças em todos os níveis, o que acelera a adoção de recursos tecnológicos que venham a contribuir com essa nova realidade.

Juntando os dois assuntos, ou seja, o planejamento de canteiro de obras e o uso de recursos de TI na construção civil, foi desenvolvida uma ferramenta de apoio ao projeto de leiaute ou arranjo físico do canteiro, facilitando as análises de estocagem e a distribuição dos elementos no espaço da obra, apresentada a seguir neste texto.

3. A CRIAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA APOIO À ELABORAÇÃO DO PROJETO DE LEIAUTE DE CANTEIRO DE OBRAS

O sistema, nomeado SAP-LCO Virtual – Sistema de Apoio ao Planejamento de Leiaute de Canteiro de Obras, partiu da proposta de facilitar a elaboração de leiautes de canteiro, para uma ou várias fases da obra, apoiando o profissional que elabora o projeto. A meta é proporcionar melhor avaliação dos elementos presentes no canteiro e conduzir o profissional para tomadas de decisão conscientes, através de interface gráfica simples e direta. Partindo da importância que um projeto de leiaute assume na condução de uma construção, a ferramenta desenvolvida visa contribuir não só com sua elaboração durante o planejamento da obra, mas também com sua atualização, visto sua importância na melhoria dos processos produtivos, almejando as melhores propostas para o uso eficaz dos espaços do canteiro durante a execução. O uso da ferramenta requer que a obra seja planejada através de um software de planejamento de uso popular entre os gestores de obras no país, o MS Project®. O sistema interpreta o arquivo desenvolvido no Project e exportado com extensão .xml. Os dados considerados pertinentes pelo sistema são usados no preenchimento de algumas tabelas de seu banco de dados (usado como repositório das informações necessárias ao sistema, em um servidor) para dar suporte às análises do profissional. O usuário faz suas observações e toma decisões sobre estoques e compras através de gráficos de consumo/estoque, analisa as formas de armazenagem para os elementos, assim como visualiza o leiaute do canteiro com os recursos destinados à obra, podendo distribuir os elementos da melhor maneira, segundo seus conceitos e contando com algum apoio para o posicionamento.

O sistema prevê algumas inovações, entre as quais podem ser citadas:

- Alimentação por um arquivo (formato xml) advindo de um programa específico de planejamento de projetos (MS Project);
- Apoio às decisões em ambiente integrado, não necessitando acessar informações fora do ambiente do sistema, já que dispõe de um visualizador do arquivo Project integrado;

- Possibilidade de análise da obra em fases de acordo com as atividades desenvolvidas, da maneira como é recomendado em bibliografia que trata do assunto;
- Cálculo automático de áreas necessárias para armazenamento dos materiais em cada fase.

3.1. A interface visual do Sistema SAP-LCO Virtual

Para acessar o sistema e trabalhar sobre o projeto, o usuário terá que ser previamente cadastrado por um gerente de projeto, que criará um “usuário” (*login*) e senha para cada profissional que participará da equipe. Esses dados são solicitados na página inicial.

Entrando no sistema, o usuário terá a tela mostrada pela Figura 1, apresentando um menu superior com todas as telas, logo abaixo, o nome do projeto sobre o qual se está trabalhando e a imagem de um fluxograma com as possíveis direções a serem seguidas. Não há uma seqüência fixa imposta, porém, há uma seqüência lógica que o profissional deverá seguir e que poderá ajustar de acordo com sua forma de trabalhar.

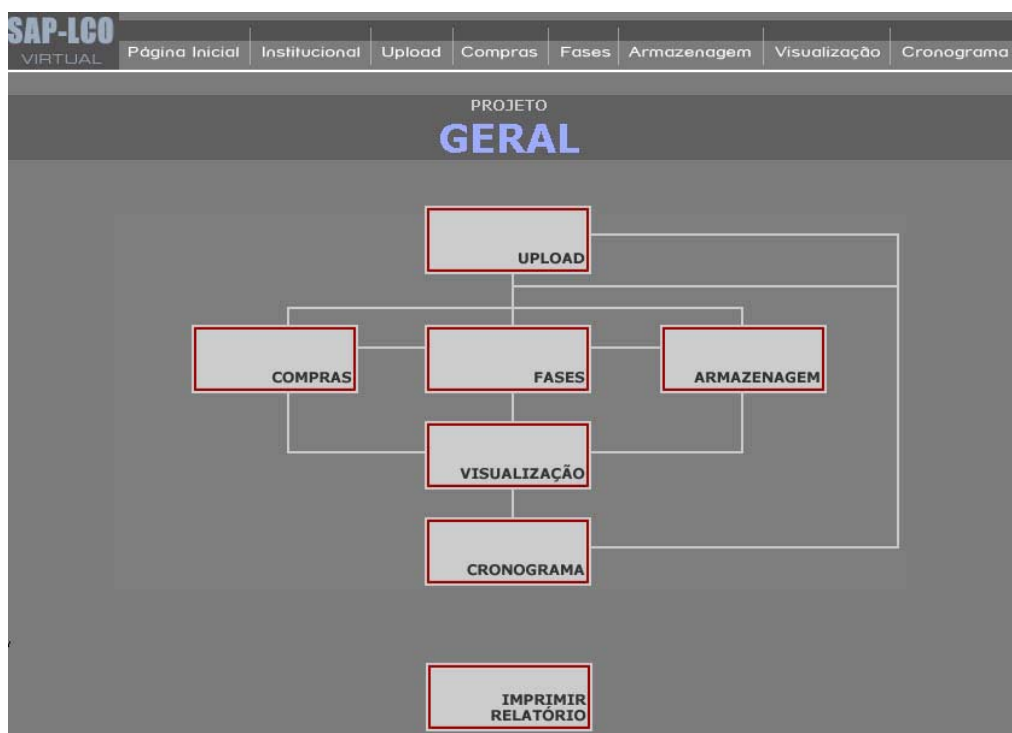


Figura 1: Página interna do sistema, indicando o nome do projeto e o fluxograma de seqüência das telas.

O trabalho do profissional com a ferramenta se inicia quando ele faz o *upload* ou carrega os arquivos .mpp e .xml do MS Project para o servidor. Juntamente com esses arquivos, o usuário poderá entrar com até mais cinco imagens, no formato jpg, que poderão ser usadas como fundo do leiaute, representando, por exemplo, o terreno com a projeção da construção ou as curvas de nível do terreno, ou seja, detalhes que o ajudem a visualizar o canteiro e posicionar os elementos sobre ele (Figura 2). Os dados interpretados do arquivo .xml são armazenados no banco de dados do sistema. Outros dados devem ser informados manualmente pelo usuário na continuação do processo com o sistema. O formato .xml foi adotado por ser aberto e mais simples de interpretar do que o .mpp nativo do MS Project.

Seguindo o fluxograma, o profissional poderá gerar os gráficos de consumo/estoque através da tela “Compras” (Figura 3). Os dados de consumo no tempo de cada material provêm do arquivo Project. Cabe ao usuário definir datas de compras e respectivas quantidades de tal

forma a garantir que a obra tenha estoques adequados à sua execução. O gráfico de cada material mostra a quantidade estocada no tempo, bem como o consumo diário do material, o limiar de estoque mínimo estabelecido para o material e a quantidade máxima estocada naquela fase da obra. É esta quantidade de pico que será usada para determinação da área necessária para armazenagem do material no canteiro.

Figura 2: Página para que o usuário faça o *upload* dos arquivos do MS Project e de imagens jpg.

Para que o sistema apresente o gráfico, o usuário escolhe o recurso (material) em uma listagem, estabelece um estoque mínimo para garantir a continuidade dos trabalhos na obra, decide uma data de entrega e a respectiva quantidade a receber. Novas compras podem ser estabelecidas preenchendo os novos dados e clicando-se no botão “Gerar gráfico”. Outra forma de se estabelecer um cronograma de compras é permitir que o sistema defina as datas automaticamente mediante uma quantidade de estoque mínima e máxima escolhidas pelo usuário que, nesse caso, não preenche a quantidade recebida, já que o sistema a determinará sempre dentro da faixa de máximo e mínimo. O sistema toma como data para início dos recebimentos, a data que o usuário preenche. Neste gráfico é possível visualizar períodos de trinta dias a partir de uma data inicial para visualização escolhida pelo usuário, que depois poderá varrer todo o período da obra, conforme necessidade, através das setas vermelhas.

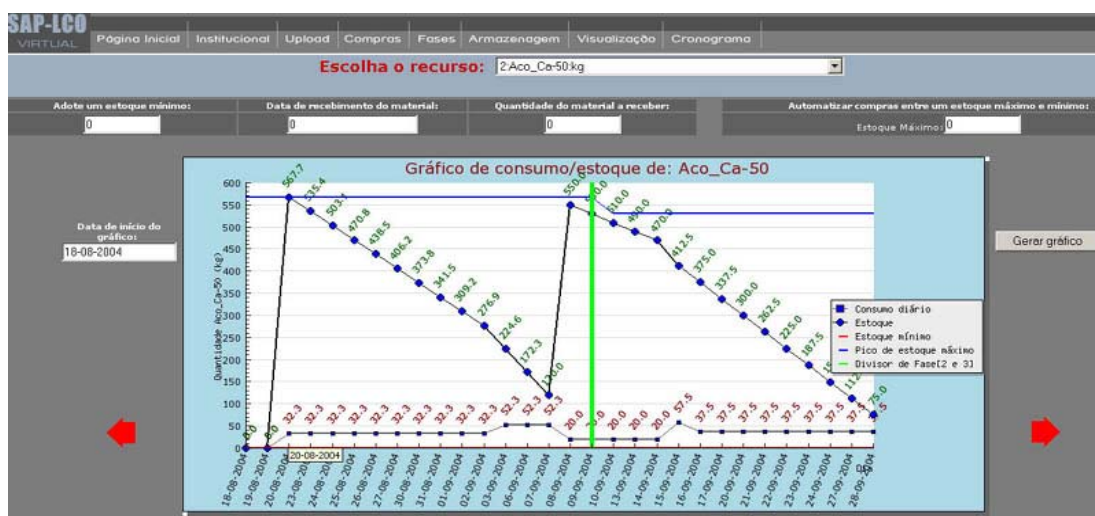


Figura 3: Tela do gráfico de consumo/estoque onde o usuário faz análises para cada material.

A próxima ação do usuário poderá ser a análise da forma de armazenagem para cada recurso, o que é feito na tela “Armazenagem”, exibida na Figura 4. Esta etapa é importante para definir os cálculos de espaço necessário para cada insumo a ser alocado no canteiro de obras, já que tanto a quantidade como a forma de estocagem do material influenciam na área demandada. Definindo a armazenagem de determinado insumo em sacos, por exemplo, o sistema fará o processamento baseado na quantidade máxima do insumo estocado na obra em um período específico e calculará a respectiva quantidade de sacos. Para isso, o sistema tem um tamanho de saco padrão cujas dimensões podem ser alteradas pelo usuário caso sejam diferentes do produto que efetivamente utilizará em obra. Isso é feito em uma tela para configurações tanto para os elementos, quanto para as instalações temporárias do canteiro. A Figura 5 mostra essa tela de configurações, acessível através da tela “Armazenagem” (botão “Configurar dados”). Os valores inicialmente adotados como padrão pelo sistema são baseados em bibliografia específica ou definidos de acordo com o que é mais comum na prática de canteiros. Nestas duas telas o usuário faz análises a respeito dos insumos e também das instalações temporárias presentes na obra.

Recurso:	Forma de estocagem:	Textura:
1:Aco_CA-25:(kg)	barras de aço configurado: 0.4x15x0.3	ferragem
2:Aco_Ca-50:(kg)	aço cortado/dobrado configurado: 10x10x1	ferragem
6:Arame_rec_n_18:(kg)	almoxarifado configurado: 3x4x3	geral
7:Areia_Fina:(m3)	baia configurado: 2x3x1	areia
8:Areia_Grossa:(m3)	baia configurado: 2x3x1	areia
9:Areia_Media:(m3)	baia configurado: 2x3x1	areia
10:Arruela_furo_9mm:(un)	sacos configurado: 0.65x0.45x0.1	geral
11:Azulejos 15x5cm:(m2)	almoxarifado configurado: 0.65x0.45x0.1	geral
12:Betoneira:(0)	equipamento 1 betoneira 500 l	geral
13:Brita_1:(m3)	baia configurado: 2x3x1	brita
14:Brita_2:(m3)	baia configurado: 2x3x1	brita

Figura 4: Página para que o usuário faça as definições sobre a forma de estocagem para cada insumo.

Dados parametrizáveis	
medidas em metro (exceto quando especificado)	
0.65	comprimento (saco)
0.45	largura (saco)
0.1	altura (saco)
50	peso (saco)
21	comprimento (tijolo - cm)
10	largura (tijolo - cm)
5	altura (tijolo - cm)
1.6	altura máxima (pilha de tijolo)
2	largura (baia)
3	comprimento (baia)
1	altura (baia)
0.4	largura (estoque barras aço)

Figura 5: Tela para configurações de dimensões adotadas como padrão pelo sistema.

Com os dados de estoques e instalações devidamente verificados e gravados no banco de dados, a próxima etapa é a visualização dos elementos no canteiro para ajustes e definição do leiaute. Isso é feito através de um *applet* programado em linguagem Java™ com o qual o usuário interage posicionando os elementos bem como alterando a largura, altura e profundidade dos elementos de acordo com seus critérios e necessidades (Figura 6). O sistema se encarregará de ajustar outras dimensões para garantir que a quantidade de material estocável se mantenha constante. Para ajustar as dimensões dos elementos, o sistema usa a seguinte ciclo: $\hookrightarrow L \rightarrow P \rightarrow A \hookrightarrow$

Isto significa que quando o usuário altera a largura (L) do retângulo representativo do estoque do elemento, o sistema ajusta sua profundidade (P). Se ao invés disso o usuário altera a profundidade (P), a altura (A) é ajustada. Finalmente, se a altura (A) sofre uma modificação, a largura (L) é compensada para manter a quantidade estocada. Dessa forma, o usuário consegue ajustar quaisquer duas dimensões que deseje.

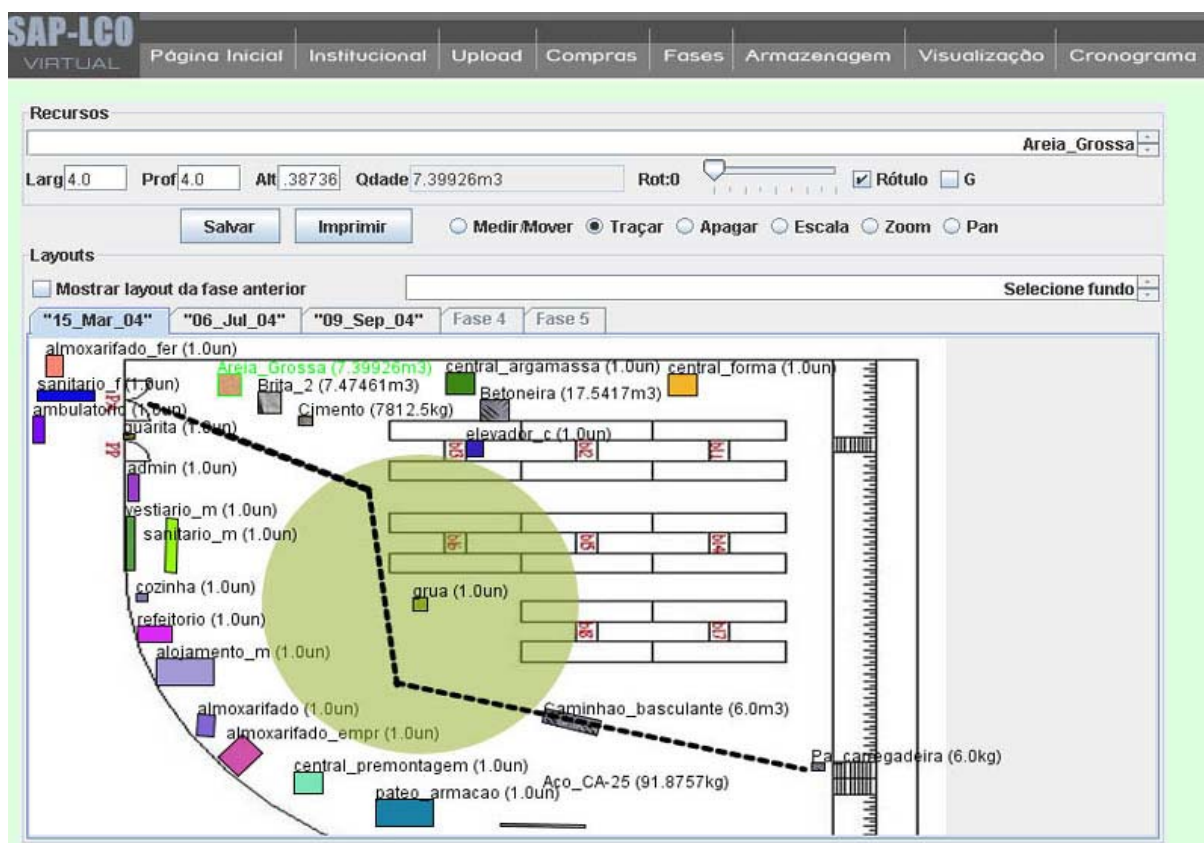


Figura 6: Tela com o *applet* Java™ na qual o usuário visualiza os elementos no canteiro e posiciona e/ou redimensiona de acordo com seus critérios.

Como mostra a Figura 6, o *applet* apresenta recursos de interação e edição do leiaute do canteiro, tais como:

- Mover / Medir (mover elementos e medir distâncias),
- Traçar / Apagar linhas;
- Escala (ajustar a escala dos retângulos com a da imagem de fundo),
- Zoom / Pan (aumentar ou diminuir a imagem / mover a imagem na área da janela).

Na figura 6, o círculo representa o raio de alcance da grua em seu centro.

Além desses recursos, o usuário acessa cada elemento clicando sobre ele ou através de uma listagem no topo da janela; pode ajustar as dimensões do recurso selecionado usando as caixas de texto “Larg”, “Prof”, “Alt”, mantendo a quantidade inalterada; pode rotacionar elementos; tornar o rótulo ou nome do elemento (vindo do Project) visível ou invisível; salvar e/ou imprimir o leiaute; mostrar o leiaute da fase imediatamente anterior, em modo esmaecido, junto com o da fase selecionada; escolher a imagem de fundo do leiaute de cada fase; escolher por abas contendo a data de início de cada fase, o período sobre o qual está elaborando o leiaute. Finalmente, interagir sobre a imagem movendo os retângulos (boxes) até obter o leiaute mais viável.

Chegando nesse ponto de uso da ferramenta, o usuário pode se deparar com dificuldades para adequar o espaço disponível à quantidade de elementos a serem alocados no canteiro. Considerando que a demanda de recursos no canteiro varia com a evolução da obra, pode-se dividir o período total em fases com demandas e leiautes diferentes, conforme recomenda a bibliografia sobre o assunto. É o caso de Souza (2000) que entende que durante uma obra são visíveis diferentes fases que se distinguem quanto aos serviços, materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários. Para apoiar a identificação do limiar de diferentes fases, o usuário tem à disposição a tela “Cronograma”, na qual um visualizador (da empresa Viewer Central, Inc.) permite que o usuário acesse os cronogramas de seu projeto feitos no MS Project sem precisar possuir o software instalado ou deixar o ambiente do SAP-LCO. Dessa maneira, pode decidir, examinando o cronograma, quais as melhores datas que caracterizam uma mudança de fase da obra (Figura 7).

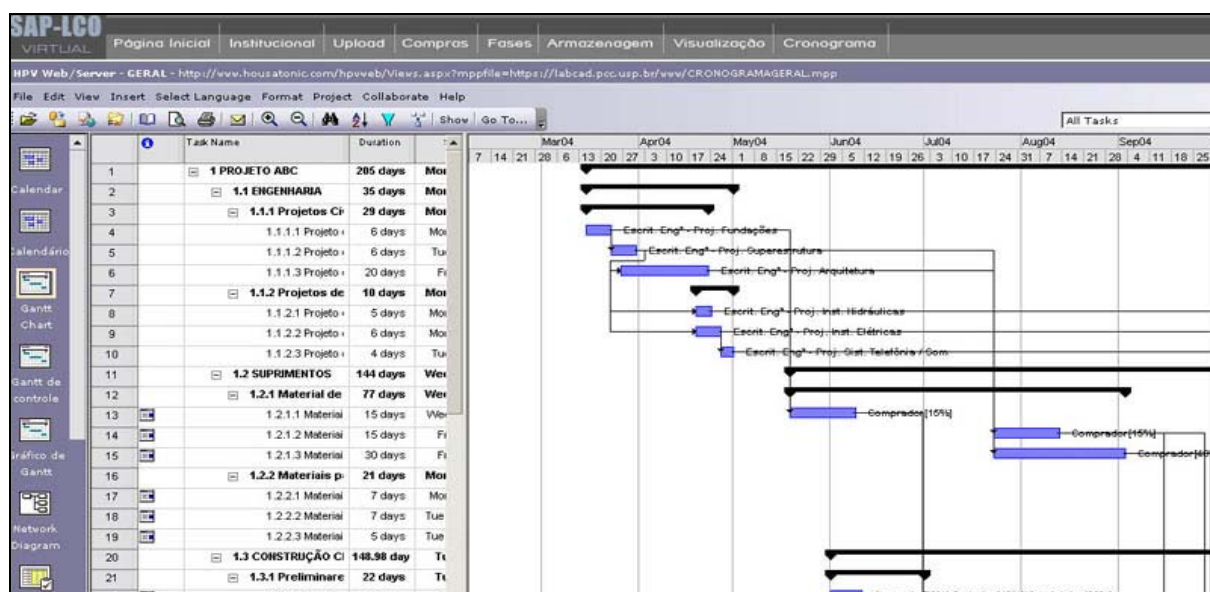


Figura 7: Tela com o visualizador do arquivo .mpp do MS Project para que o usuário possa decidir sobre as melhores datas para mudança de fases durante o período de execução da obra.

Depois de observar o cronograma e definir a(s) fase(s), o profissional acessa a tela “Fases” onde entra com data(s) para seu(s) início(s). A Figura 8 mostra a tela para que o usuário entre com a data para início de uma nova fase ou mesmo exclua algumas que já tenha definido. Se retornar à tela “Compras”, notará uma linha vertical verde no gráfico (Figura 3), indicando a transição de fase com, possivelmente, um pico de estoque diferente em cada fase.

Após esse procedimento os dados são atualizados no banco de dados e o usuário poderá observar novamente na tela “Visualização”, o *applet* com os elementos pertencentes a cada fase, acessíveis através de abas contendo a data de início de cada uma e, eventualmente,

realizando os ajustes que ainda julgue necessários. Em cada aba são mostrados apenas os recursos demandados na respectiva fase, dimensionados de acordo com o estoque de pico na mesma.

Figura 8: Tela para que o usuário entre com datas para início de fases ou mesmo exclua alguma que já definida.

4. ALGUNS RESULTADOS

Em testes realizados com o sistema (FREITAS; SANTOS, 2009), ficou visível a importância de uma ferramenta desse tipo para os profissionais que elaboram projeto de leiaute de canteiro de obras, introduzindo inovações e recursos de TI. O sistema, para chegar ao layout do canteiro, de certa forma “obriga” o profissional a fazer uma análise para todos os recursos planejados para a obra em fase anterior à execução, o que usualmente não é seu hábito. É esta análise e consequente planejamento que pode evitar transtornos futuros no canteiro.

As avaliações feitas pelos profissionais foram positivas, porém, como já era esperado, notou-se a necessidade de adaptações na ferramenta para aplicação nos diversos processos de planejamento adotados por cada empresa. Ficou claro a necessidade de um processo evolutivo pelo qual deverá passar o SAP-LCO Virtual, da mesma forma como acontece com um software comercial, para abranger todas as possíveis definições de uma obra ou do serviço a que se destina. Explícita também foi a indicação de dificuldades relacionadas à subutilização do MS Project pelas empresas, que elaboram, na maioria dos casos, apenas o cronograma físico, usando outros pacotes adicionais para o desenvolvimento total do planejamento. Este é um problema a ser solucionado ou com a mudança de atitude nas empresas, fazendo o planejamento completo no Project, ou buscando adaptações até que se consiga chegar a um arquivo de entrada que contenha as informações esperadas para o SAP-LCO Virtual.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma ferramenta desenvolvida para auxiliar aos profissionais de planejamento no trabalho de projetar leiaute de canteiro de obras. O SAP-LCO Virtual procura ser um instrumento simples e direto e que se aproxime do processo rotineiramente seguido pelos profissionais. Para acontecer essa aproximação foi realizada uma pesquisa anterior ao desenvolvimento da ferramenta, procurando conhecer os métodos de trabalho e as principais dificuldades encontradas pelos profissionais nesta atividade. Uma das idéias centrais do sistema é a centralização das informações, o que evita a busca de dados em diferentes fontes. Isso tudo sendo uma ferramenta que possa ser inserida no processo de projetar desses profissionais não exigindo deles profundos conhecimentos de informática,

necessitando apenas que saibam usar um navegador ou *browser* da Internet, sendo o sistema disponível em um servidor web.

Outra questão a ser colocada é que a ferramenta oferece ao usuário a flexibilidade de trocar os padrões adotados, apesar de estes serem embasados em fontes bibliográficas que tratam do assunto, podendo, porém, não retratar a prática assumida pelo profissional. Desta forma, ele tem a possibilidade de configurar e estabelecer seus próprios dados que serão respeitados pelo sistema. Entende-se que isso dá mais segurança e confiança ao usuário para usar a ferramenta, entendendo os processos realizados e intervindo nos padrões para que o sistema automatize o que ele faria manualmente com maior trabalho e menor poder de visualização.

Como outro ponto também importante para a existência de uma ferramenta desta natureza é a possibilidade não só da elaboração de um projeto de leiaute, como da sua imediata atualização de acordo com modificações requeridas durante a execução e às quais as atividades de construção civil estão propensas. Os testes feitos junto a profissionais, após a conclusão do sistema, mostraram que o conceito da ferramenta é válido e adequado, agregando valor ao processo de projeto de canteiros de obras como almejado.

REFERÊNCIAS

CHAU, K.W.; ANSON, M.; ZHANG, J.P. Implementation of visualization as planning and scheduling tool in construction. **Building and Environment**, Netherlands: Elsevier Science B.V., n. 38. Issue 5. p. 713-719. maio 2003.

FREITAS, M. R.; SANTOS, E. T. Validation of a System for Planning and Design of Construction Site Layouts. In: 5TH CONFERENCE ON INFORMATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT IN BUILDING, CIB W102, **Proceedings...**, Rio de Janeiro:CIB, 2009, 7p.

HERNANDES, F.S.; JUNGLES, A.E. Análise da importância do planejamento de obras para contratantes e empresas construtoras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO (IV SIBRAGEC) e Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção (I ELAGEC). 2005, Porto Alegre. **Artigo técnico**. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 21 jan. 2008.

NASCIMENTO, L.A., SANTOS, E.T. **Barreiras para o Uso da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção Civil**. Porto Alegre - RS. 2002. 5 p. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 21 jun. 2003.

NASCIMENTO, V. M.; SCHOELER, S. L. A Contribuição do Estudo do Fluxo de Informações para a Integração da Gerência de Canteiro de Obras e Gerência Central: Uma Abordagem Teórica para o Subsetor Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Niterói, 1998. **Artigo Técnico**. RJ. 1998. 7p.

SALES, A.L.F.; BARROS NETO, J.P., ALMINO, I. A gestão dos fluxos físicos nos canteiros de obras focando a melhoria nos processos construtivos. In: I CONFERÊNCIA LATINA-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2004, São Paulo. clACS'04 – ENTAC'04. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004. 13 p.

SOUZA, U. E. L. **Projeto e implantação do canteiro**. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa Editora. 2000. 95p.

VILLAGARCÍA ZEGARRA, S.L.; FRIGIERI JÚNIOR, V.; CARDOSO, F.F. A Tecnologia da Informação e a Indústria de Construção de Edifícios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1º, 1999, Recife. **Artigo técnico**. Recife, 1999. 10p. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 21 jun. 2003.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - por financiar parcialmente o primeiro autor nesta pesquisa.

AValiação DE RECURSOS 2D, 3D E EXTENSIBILIDADE EM CAD LIVRE PARA AEC

Sérgio Adriano Bizello (1); Regina Coeli Ruschel (2)

(1) Mestrando - PPGEF-FEC-UNICAMP, e-mail: bizello@fec.unicamp.br

(2) Professora Doutora - DAC-FEC-UNICAMP, e-mail: regina@fec.unicamp.br

Resumo

Numa sociedade dependente de computadores os softwares livres se apresentam como alternativas viáveis, utilizadas em todos os setores da sociedade e incentivadas por esferas governamentais nacionais e internacionais. Sistemas CAD livres são encontrados na web, porém cada um tem características diferentes e fortes para determinado uso. A ferramenta computacional Automet, voltada para a autoconstrução, que desenvolve projetos arquitetônicos em 2D e 3D para casas térreas de interesse social, apurou a necessidade de evoluir para operar num sistema CAD livre. Este trabalho, envolvido em fornecer subsídios para o Projeto Temático - O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia-FAPESP # 04/15737-0, avalia as opções em CAD livres a partir de um levantamento na web. Posteriormente, os sistemas mais aptos são avaliados nas ferramentas básicas para 2D, 3D e extensibilidade, de acordo com as necessidades para a desejada evolução e flexibilização da referida ferramenta computacional. A avaliação ocorre comparando-se ferramentas eleitas no sistema CAD proprietário mais popular e líder de mercado, o AutoCAD(R)(R), com as dos CAD livres. Os sistemas avaliados são apresentados e comentados. Finalmente discute-se sobre os CAD livre avaliados nos pontos que os caracterizam, avançando como subsídio para a evolução e flexibilização da ferramenta computacional Automet.

Palavras-chave: CAD, Software livre, Modelagem, Projeto arquitetônico

1. INTRODUÇÃO

Muitas pessoas perguntam por que usar *software* livre. Nos dias de hoje nossa sociedade é extremamente dependente de computadores e um grande exemplo disso foi a fortuna gasta para corrigi-los durante a virada do milênio (ALMEIDA, 2000). Ainda sob esta ótica deste autor, um instrumento que tem sua importância comparada ao papel e lápis em tempos atrás, como é o computador, não pode depender de que a maior parte dos programas que comandam o seu funcionamento seja fornecida por um único só fabricante. Por essa razão encontram-se, no mundo todo, movimentações em todos os níveis da sociedade para que esse quadro possa mudar. Os esforços para a difusão e uso de *software* livre vão desde iniciativas isoladas de educadores que montaram laboratórios de informática para seus alunos até iniciativas em esferas governamentais como o caso do México e do próprio governo federal do Brasil com o SERPRO, que conduz estudo sobre o Linux (ALMEIDA, 2000). Instituições governamentais (nas esferas federal, estadual e municipal) acenam para o uso de *software* livre (*open source* e gratuito) como forma de diminuição de gastos e inclusão digital (GOVERNO FEDERAL, 2006). Novaes e Coelho (2005) também comentam esse esforço do governo federal e ainda sugerem que as instituições de ensino devem fomentar o desenvolvimento de pesquisas com *software* livre.

Este trabalho subsidia a necessária flexibilização da ferramenta computacional Automet (RUSCHEL; RODRIGUES, 2002). A ferramenta Automet desenvolve projetos arquitetônicos em 2D e 3D para casas térreas de interesse social, mais especificamente é voltada para a autoconstrução. Atualmente, esta ferramenta é implementada em Autolisp e funciona como um aplicativo dentro do sistema AutoCAD(R) (KOWALTOWSKI, et al, 1995). Assim é

desejável para que a referida ferramenta seja amplamente divulgada, utilizada e continuamente ampliada de forma irrestrita sendo que a mesma opere num sistema operacional e CAD livres. Verifica-se a importância e alinhamento desta pesquisa com preocupações do governo federal representada na recém sancionada Lei No. 11.888 que assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social (BRASIL, 2008).

Neste estudo apresenta-se o levantamento de sistemas CAD livres disponíveis que posteriormente são avaliados comparando seus recursos existentes em 2D, 3D e extensibilidade com os do *software* proprietário de referência, o AutoCAD(R), da Autodesk. Ao final apresenta-se uma discussão sobre os CAD livre avaliados nos pontos que os caracterizam, além de avançar como subsídio para a evolução e flexibilização da ferramenta computacional Automet.

2. CADs LIVRES

Existe muita confusão em torno do termo “*software* livre”, tanto que a *Free Software Foundation* (2006) (FSF) mantém uma página na internet somente para esclarecer sobre frases e termos que é melhor evitar para não haver confusão quanto a esse assunto. Ainda segundo esta entidade *software* livre é uma questão de liberdade e, não de preço. A FSF tem ainda um pensamento que exemplifica bem a questão: deve-se pensar em "liberdade de expressão", não em "cerveja grátis". Tais termos e frases se referem à liberdade dos usuários executarem, copiarem, distribuírem, estudarem, modificarem e aperfeiçoarem *softwares* sob esta definição. É possível categorizar um *software* devido às restrições e direitos impostos, de acordo com a listagem abaixo (REIS, 2003):

- *Software* Proprietário: *software* que proíbe redistribuição e alteração pelo usuário. A maior parte dos *softwares* comercialmente distribuídos hoje se enquadra nesta categoria;
- *Freeware*: *software* que permite redistribuição, mas não modificação, e, portanto para o qual geralmente não há código-fonte disponível. Não é *software* livre;
- *Shareware*: *software* que permite redistribuição, mas que restringe o uso de acordo com uma condição específica, normalmente associada a um tempo limite de uso, após o qual precisa ser adquirida uma licença comercial. Normalmente não há código-fonte disponível para *shareware*;
- *Software* Livre: *software* que oferece ao usuário o direito de usar, estudar, modificar e redistribuí-lo, garantindo assim as quatro liberdades detalhadas em Bizello e Ruschel (2007);
- Domínio Público: *software* sem *copyright*, cujo proprietário rescindiu qualquer direito que possuía sobre o mesmo, ou ainda *software* cujo *copyright* já expirou. Este tipo de *software* pode ser utilizado sem qualquer restrição.

Do estudo realizado na etapa inicial desta pesquisa foram levantados 19 CAD sistemas CAD apresentados no Quadro 1, que possui *software* livre, *freeware* e outros, alternativos ao AutoCAD(R). Alguns chamam a atenção por sua característica singular, como o Sketchup, um *freeware*, que se torna popular entre alunos de graduação de arquitetura além de ser utilizado também por profissionais da área (GOOGLE DOCS, 2008).

CAD	Licença	Sistema operacional	URL's com acessos verificados e atualizados
-----	---------	---------------------	---

			em 26/02/2009
Arquimedes	opensource e freeware	Windows, Linux, Mac OS, Unix	http://sourceforge.net/projects/arquimedes/
Blender-CAD	opensource e freeware	Windows, Linux, Mac OS, Unix	http://projects.blender.org/projects/blendercad/
BrlCAD	opensource e freeware	Windows e Linux	http://brlcad.org/
CadStd Lite	freeware/comercial	Windows 95 até XP	http://www.cadstd.com/
Cadvance 12	comercial	Windows 95 até XP	http://www.cadvance.com/
Design Workshop Lite	freeware	Windows, Mac OS	http://www.artifice.com/free/dw_lite.html
DESI-III	freeware	DOS	http://users.telenet.be/desi-iii/MainFrmE.html
Fandango	<i>free python scripted</i>	Linux	http://sourceforge.net/projects/elcad/
IntelliCAD6	comercial	Windows	http://www.cadopia.com/
Minos v 2.1	freeware	Windows 95 até XP	http://www.le-boite.com/minos.htm
Pyhtoncad	opensource e freeware	Linux	http://www.pythoncad.org/
oCADis	licença GPL	Linux , Solaris	http://www.nocrew.org/software/ocadis/
Qcad	opensource / comercial	Windows, Mac OS, Linux e Unix	http://www.ribbonsoft.com/qcad.html
Sagcad	open source e freeware	Linux	http://sourceforge.net/projects/sagcad
Sketchup	freeware e comercial	Windows, Mac	http://sketchup.google.com/
SoftCAD.3D Lite Version 1.16	freeware	Windows	http://www.softcad.com/
Solid Edge Origin	comercial	Windows	http://www.solidedge.com/
Thinking 2D	freeware	Windows	http://www.buildwise.org/library/design/design-aids/thk2d301-cad.htm
Varkon	comercial, freeware e opensource	Windows, Unix e Linux	http://www.varkon.org/

Quadro 1 – Softwares CAD livres, freeware e outros, alternativos ao AutoCAD(R)

3. METODOLOGIA

O estudo dos sistemas CAD livres tem por objetivo analisar os recursos e ferramentas para projeto e desenho de AEC. Este trabalho é uma sequencia das ações de pesquisa dos referidos sistemas após a triagem eliminatória e análise 2D anteriormente apresentada em Bizello e Ruschel (2007). Desta maneira, o estudo aqui apresentado está voltado para os aspectos 3D e extensão por meio de linguagem de programação. As ferramentas e recursos serão comparados com os oferecidos pelo *software* proprietário destacado pelos estudos de Freitas e Ruschel (2000) e Tse, Wong e Wong (2005), o AutoCAD(R).

Assim, prossegue-se identificando dentro de grupos de ferramentas definidas, os comandos e métodos em cada aspecto de CAD (2D, 3D e extensibilidade). Adotando-se os critérios de pontuação utilizados por Bizello e Ruschel (2007), avaliaram-se então as ferramentas essenciais comparando-as com as existentes no AutoCAD(R). Aos critérios para avaliação dos CAD livres atribuem-se os seguintes qualificadores de comparação:

- Igual; quando o recurso existir, for identificado facilmente, e se comportar igual ao do

AutoCAD(R), receberá o valor 3;

- Semelhante; quando o recurso existir, porém não se apresentar claramente e ou possuir pequenas diferenças do AutoCAD(R); receberá valor 2;
- Diferente; quando o recurso existir, ter dificuldade de ser identificado e ou for totalmente diferente do AutoCAD(R), receberá valor 1;
- Sem avaliação; quando o recurso não existir ou for insuficiente para o que se destina, receberá valor 0 (zero).

Três avaliações foram especificadas: a análise dos recursos para desenho bidimensional (avaliação 2D), a análise dos recursos para modelagem tridimensional (avaliação 3D) e análise do suporte a programação para automação (extensibilidade). Desta maneira, as avaliações foram feitas comparando-se comandos ou métodos básicos dentro de um grupo de mesma natureza, mostrados nas tabelas 1,2 e 3 das avaliações.

Para 2D foram avaliadas ferramentas de organização onde verificou-se a possibilidade de uso de layers, dimensionamentos e etc. Com as ferramentas de criação e de edição avaliou-se como criar geometrias básicas e alterá-las. No grupo das ferramentas de apoio entram os comandos de zoom e vistas, pontos de atração e *grid*. Como ferramentas de finalização foram considerados ambientes de modelagem e impressão e comandos de plotagem em escala.

A avaliação 3D, dentro de seus grupos, procurou avaliar como criar as geometrias tridimensionais primitivas (ferramentas de criação) e a possibilidade alterá-las com operações booleanas e seccionamento. Avaliou-se como visualizar o modelo 3D em perspectiva isométricas ou não, renderizadas ou não e em ângulos diferentes dentro de múltiplas janelas.

Quanto à extensibilidade, verificou-se qual a linguagem de programação existente que permitisse criar, alterar e manipular entidades de seu respectivo sistema CAD. Também foi avaliado como criar os códigos das rotinas em ambientes específicos e a possibilidade de testar partes da rotina no proprio sistema por meios de linha de comando, sem testar a rotina toda.

Determinou-se ainda que estas avaliações seriam executadas somente sobre CADs livres que preenchem os requisitos essenciais de um *software* livre, i.e., que garantiam os quatro tipos de liberdades para *softwares* livres (PROJETO GNU, 2006). Sendo assim, passaram por este filtro os CAD livres: BlenderCAD, BrlCAD, Pythoncad, QCad e Varkon.

4. SISTEMAS CAD LIVRES AVALIADOS

Em Bizello e Ruschel (2007) os CADs livres QCad e Pythoncad foram apresentados como alternativas em CAD 2D. Neste trabalho a avaliação para 3D e extensibilidade apresenta os sistemas BrlCAD e Varkon. O BlenderCAD não foi avaliado pois executa modelagem geométrica mas sua ênfase está em recursos para renderização e animação, não sendo este o foco do sistema desejado. É bom frisar que os programas avaliados tem potencial para evoluir procurando adquirir aparência mais próxima dos atuais *softwares* de mercado, além de, logicamente, conservar as ferramentas que caracterizam seus pontos fortes.

4.1. BRL-CAD

O BRL-CAD é um aplicativo CAD com modelagem de sólidos em 3D. Optou-se pela versão para o sistema operacional Windows, visto que se espera que a aparência e os recursos sejam sempre os mesmos, independente do sistema no são executados.

Ao iniciar o programa são apresentadas três janelas. Uma dessas é a janela gráfica onde se pode ver o resultado final. As outras duas são de interação via prompt, uma de comandos do

programa e a outra uma janela de comando do DOS. Na área gráfica não são encontrados elementos de interação como barra de ferramentas ou ícones, o que faz com que a aparência inicial do programa não seja a esperada pelo usuário familiarizado com o sistema CAD AutoCAD(R). Os menus encontrados na janela gráfica e na de comando são os mesmos. É possível também redimensionar e reposicionar as janelas gráfica e de comando, entretanto essas configurações não são gravadas tornando-se necessário fazer os ajustes a cada sessão iniciada. A janela gráfica tem apenas uma divisão e a de comando de prompt fica a espera exibindo um cursor na primeira linha, no alto. Não é possível formatar a área de trabalho ou criar objetos sem antes nomear um arquivo. Não foi encontrada uma forma de se montar um “*template*” uma vez que a formatação do ambiente de trabalho demanda tempo que pode ser considerado perdido a cada novo trabalho iniciado.

Com o arquivo criado é possível então a formatação da área gráfica em janelas (multipane) que conterão cada uma, de início, uma vista diferente do objeto. As vistas de topo, frente, esquerda e perspectiva isométrica fazem parte da apresentação (Figura 1A).

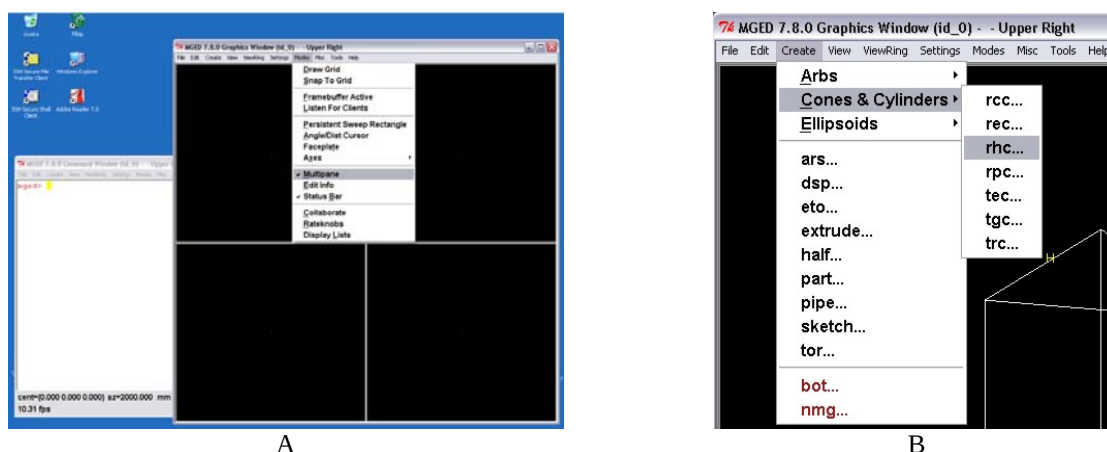


Figura 1 – (A) Janela gráfica do BRL-CAD subdivida em múltiplas vista e (B) Menu de criação de objetos 3D

Após essa divisão do ambiente pode-se escolher qual vista será exibida em que janela. Também pode-se ter a orientação visual por meio de um ícone que indica os eixos x,y e z. Existe um ícone de eixos de visualização e outro de edição. É possível visualizar e configurar o grid, sendo que em algumas configurações o programa se mostrou instável e foi finalizado.

As edições mover, rotacionar e escalar são feitas por meio de sliders que podem ser acionados pelo mouse no menu Misc/Faceplate e Misc/Faceplate GUI. A criação de objetos é feita por meio do menu Create (Figura 1B). Em muitos casos não é possível saber que tipo de objeto será criado.

Ao se explorar o BRL-CAD é possível deduzir que existem diversas ferramentas e o programa tem potencial para a modelagem tridimensional, entretanto sua interface gráfica não seduz o usuário comum de CAD como uma ferramenta intuitiva, de acordo com os novos lançamentos de produtos proprietários existentes ou outros demais de caráter freeware. A tarefa de se criar um objeto que se pareça o mais próximo possível de uma habitação com paredes, telhado e aberturas de portas e janelas além de não intuitiva pode ser frustrante.

4.2 VARKON

O Varkon pode ser encontrado e instalado via Synaptic (instalador automático do Ubuntu) não havendo a necessidade de baixar o código fonte e compilação. Entretanto, após a

instalação, o Varkon não aparece nas listas de *softwares* sendo necessária sua chamada pelo “terminal” (algo como a janela de prompt do DOS, no windows). Em seguida é solicitado um nome para o projeto e na sequência um nome para o chamado *job*. Não é possível iniciar um trabalho sem estas duas fases que, também são solicitadas no processo de abrir um arquivo existente que devem estar no diretório padrão criado automaticamente.

No Varkon, assim como o BRL-CAD, encontrou-se dificuldade inicial de se localizar na interface os comando de configuração e de desenho (Figura 2A). O acesso aos comandos é dado por um menu lateral com botões, sendo que sua interface não dispõe de ícones ou menus do tipo pulldown.

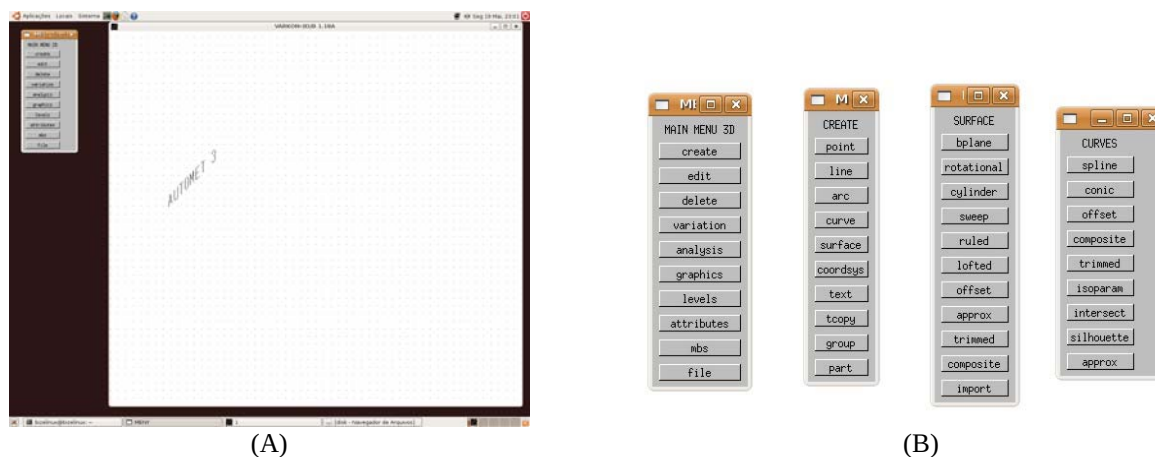


Figura 2 – VARKON (A) Tela gráfica e (B) Menus de modelagem 3D

Logo após se iniciar um novo projeto pode-se optar por gerar a geometria 2D ou 3D (Figura 2B). A partir daí é possível se configurar grid, criar layers e definir propriedades do objeto linha. Para se configurar um layer é necessário informar um número de nível e depois o seu nome. Entretanto não ficou claro como proceder para desenhar efetivamente. Apesar de mostrar as opções de entrada de dados como coordenadas absolutas ou relativas ou ainda por entrada via cursor, os objetos não foram visualizados. Esperava-se que pela configuração de espessura, tipo e cor de linhas esse problema se resolvesse, entretanto isso não aconteceu. Na opção de desenho via cursor, apesar do *software* solicitar os pontos inicial e final, a linha, que é o resultado esperado, não foi criada após os mesmos serem informados por meio do mouse. O mesmo ocorreu na tentativa de criar algo em 3D. Uma característica do Varkon é a de trabalhar apenas com superfícies sendo que algumas de suas ferramentas nos remetem a comandos do AutoCAD(R) tais como ruled surface. É possível listar propriedades de objetos 2D e 3D como no AutoCAD(R), com o comando *List*.

O Varkon ainda tem recursos que mostram potencial para o uso como CAD para AEC, pois encontrou-se sistemas de coordenadas, criação de vistas e calculadora. Entretanto, carece também de apelo visual e comandos mais intuitivos que possam incentivar o usuário a explorá-lo.

5. AVALIAÇÕES

5.1 Avaliação 2D

Na avaliação 2D (Tabela 1) o Qcad aparece ainda como primeira opção mesmo com a inserção do Varkon e BRL-CAD, que obtiveram avaliações fracas. Entretanto o Sketchup

ficou com boa pontuação e superou o PythonCAD.

Análise de Programas CAD livre.										Recursos para Desenho 2D																			
		igual (=)		semelhante (≈)		diferente (≠)		sem comparação (Ø)																					
		3		2		1		0																					
CAD	FERRAMENTAS																TOTAIS												
	Interface		Organização		Criação				Edição				Apoio		Finalização														
	area de trabalho	ícones	menu	prompt	dymstyle	layer	style	units	arc	block	circle	dimension	line	text	wblock	copy	ddedit	erase	mirror	move	rotate	scale	grid	osnap	zoom	plot	tilemode	PONTUAÇÃO	PORCENTAGEM EM RELAÇÃO AO AUTOCAD
	Qcad	3	2	2	2	2	2	1	3	3	1	3	2	3	3	2	3	2	2	2	1	2	3	2	2	1	0	54	66,67%
	Sketchup	3	3	2	0	1	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	3	1	2	2	2	0	2	3	1	0	52
Pythoncad	2	0	2	2	1	2	1	2	2	0	3	1	2	2	0	0	0	3	0	2	2	0	0	2	2	1	0	34	41,98%
Varkon	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	1	0	15	18,52%	
BRL-CAD	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	7	8,64%	

Tabela 1 - Avaliação 2D dos CAD livres

5.2 Avaliação 3D

Na análise de ferramentas de desenho tridimensional (Tabela 2) apesar das ferramentas encontradas o BRL-CAD, assim como o Varkon, tem uma desvantagem, sua interface não intuitiva e dificuldade em criar os desenhos volumétricos básicos para AEC. A análise dos sistemas CAD livres não procura apenas detectar a presença ou não do critério (ferramentas e recursos) mas também verificar sua facilidade de uso em comparação com o líder proprietário de mercado. Isto quer dizer que uma interface intuitiva e com bom visual agregam um apelo que fazem com que o usuário explore com curiosidade as ferramentas que também devem além de obviamente funcionar corretamente, existirem em número e funcionalidade mínimas. Como é possível se verificar, o Sketchup foi bem pontuado.

Análise de Programas CAD Livre										Recursos 3D				
Critérios	igual (=)		semelhante (≈)		diferente (≠)		sem comparação (Ø)							
Valores	3		2		1		0							
CAD	FERRAMENTAS										TOTAIS			
	Desenho Tridimensional													
	Criação		Modificação			Visualização								
	Primitivas	Revolução	Extrusão	União	Subtração	Intersecção	Slice	Múltiplas Janelas	Wireframe/Hidden	Isométricas	Ponto de Fuga	PONTUAÇÃO	PORCENTAGEM EM RELAÇÃO AO AUTOCAD	
	BRL-CAD	1	0	1	1	1	1	0	2	2	2	2	13	39%
	Sketchup	2	2	3	2	1	2	1	2	3	3	2	23	70%
Varkon	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3%	

Tabela 2 - Avaliação 3D dos CADs livres

5.3 Avaliação sobre programação (extensibilidade)

Quanto a programação, o Pythoncad foi melhor avaliado, devido ao seu ambiente próprio de programação em Python e a possibilidade de chamar comandos do Pythoncad durante a programação. Porém, como não possui recursos de desenho 3D, será descartado. Entretanto, nos demais *softwares*, BRL-CAD e Varkon, que possuem elementos 3D, foi possível apenas identificar a linguagem de programação mas, não possibilidade de executar um respectivo

comando numa linha de código, como é desejado.

Análise de Programas CAD Livre				Programação	
Crítérios	igual (=)	semelhante (≈)	diferente (≠)	sem comparação (Ø)	
Valores	3	2	1		
CAD	FERRAMENTAS			TOTAIS	
	Linguagem de Programação	Linha de Comando	Ambiente de Programação	PONTUAÇÃO	PORCENTAGEM EM RELAÇÃO AO AUTOCAD
PythonCad	Python	2	3	5	83%
Sketchup	Ruby	2	2	4	67%
Varkon	MBS	0	1	1	17%
BRL-CAD	C	0	0	0	0%
Q-CAD	C++	0	0	0	0%

Tabela 3 - Avaliação do suporte a programação dos CAD Livres

6. DISCUSSÃO

Como pode ser visto, cada avaliação foi atendida por um sistema CAD livre diferente. A avaliação 2D indica o Qcad como um bom sistema para tal uso. Em recursos 3D o BRL-CAD aparece como opção razoável em sistemas CAD open source. Na avaliação de extensibilidade o PythonCad foi o melhor avaliado. Entretanto, de uma forma conjunta os sistemas CAD livres avaliados (QCAD, PythonCAD, VARKON e BRL-CAD) não corresponderam ao esperado. Apenas as qualidades individuais não são suficientes comparados com o sistema CAD proprietário de referência, nos recursos de 2D, 3D e extensibilidade (Tabela 4).

Resumo das Avaliações em %			
Avaliação	2D	3D	Extensibilidade
Sistema CAD			
BRL-CAD	8,64%	39%	0%
PythonCad	41,98%	n/f	83%
Qcad	66,67%	n/f	0%
Sketchup	64,20%	70%	67%
Varkon	18,52%	3%	17%
n/f = não possui ferramenta desta natureza			

Tabela 4 – Resumo das Avaliações

Frente a essa realidade e considerando que este estudo subsidia o futuro desenvolvimento da ferramenta Automet (KOWALTOWSKI, et al, 1995) inserido no Projeto Temático - O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia- FAPESP # 04/15737-0, procurou-se uma alternativa intermediária aos CAD proprietários e livres. Tal alternativa aparece na popularidade e no crescente uso, por alunos de graduação de arquitetura (e até mesmo profissional), de um programa do tipo freeware, o Sketchup. É notória a inserção deste *software* no levantamento e nos resultados das avaliações. De propósito, isso visa chamar a atenção para o bom desempenho deste *software* mesmo em sua versão freeware.

7. A OPÇÃO SKETCHUP

O Sketchup não preenche todos os requisitos de *software* livre segundo Projeto GNU (2006) . Este programa tem duas versões: uma primeira que é *freeware* (portanto gratuita) e outra versão profissional (com custo). A versão *freeware* possui menos recursos do que a versão profissional. O Sketchup não possui versão para linux, além disso seu código fonte também não está disponível para que possa ser estudado, alterado e etc. Entretanto, pode ser estendido com pluggins escritos por meio de programação na linguagem Ruby e da Sketchup API. Estas

novas funcionalidades acrescentadas ao Sketchup podem ter o seu código fonte disponível para estudo, modificação e distribuição.

O Sketchup (GOOGLE SKETCHUP, 2009) é um programa inovador na forma de desenhar tridimensionalmente. Sua interface é agradável e intuitiva (Figura 3A). A versão *freeware* do programa é extremamente popular entre alunos de arquitetura. Mesmo trabalhos profissionais já mostram sinais de que se utilizam de suas ferramentas e formas de visualização para enriquecer a documentação de projeto, nas suas diversas fases (GOOGLE DOCS, 2008). Para se criar um primeiro modelo, o usuário de CAD, não demora mais do que alguns minutos.

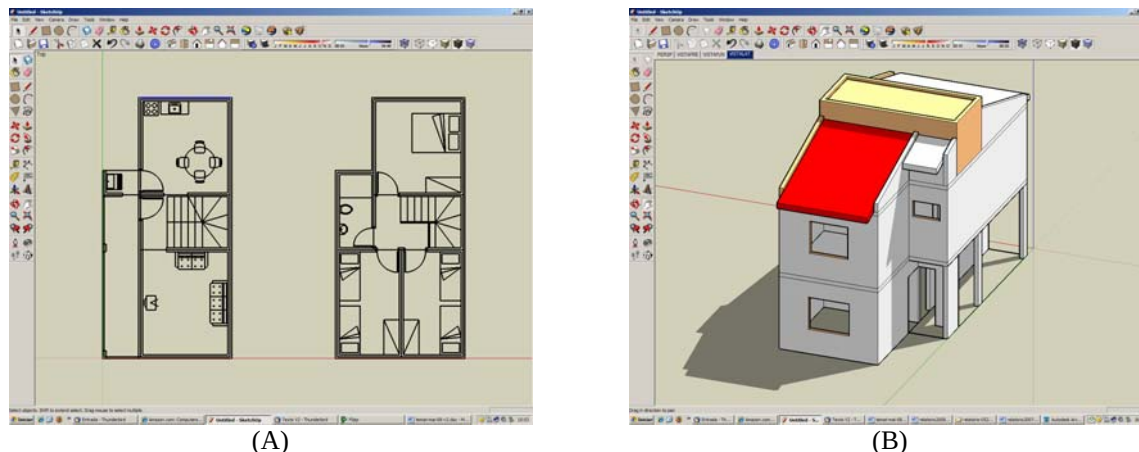


Figura 3 - Sketchup (A) após a importação de um desenho 2D e (B) após a importação de um modelo 3D

Sketchup possui recursos 2D e 3D intuitivos e de uso relativamente fácil. Possui também capacidade de realizar atualizações na geometria bidimensional conforme o 3D é modificado. É possível importar arquivos nos formatos DWG (Figura 3B), DXF, 3DS, JPG, TIFF e etc. No quesito extensibilidade, pode-se programar em Ruby (linguagem de programação) em conjunto com a API (Application Programming Interface) do Sketchup. Há um console onde é possível experimentar comandos e métodos Ruby. Desta maneira tem-se acesso a objetos e métodos que permitem criar e manipular as entidades, o que permite construir aplicações para serem usadas no Sketchup, automatizando rotinas. Algumas de suas próprias ferramentas, como por exemplo Sandbox (modelador de terrenos) são feitas nesta linguagem.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do levantamento de sistemas CAD livres, somente alguns atendem às qualificações do Projeto GNU (2006). Depois da avaliação verificou-se que cada sistema CAD livre tem uma característica mais forte que o habilita para determinado uso, dentro dos aspectos avaliados (2D, 3D e extensibilidade). Entretanto, nenhum deles corresponde ao esperado quando se analisa tais aspectos em conjunto.

Como opção intermediária aparece o Sketchup, *software* CAD do tipo *freeware*, que se torna popular satisfazendo, inicialmente, a comunidade universitária, que percebeu a facilidade de aprendizado e uso. O Sketchup, além de bem pontuado em nossas avaliações, é objeto de demais estudos em desenvolvimento (TREDINNICK, et al, 2006) por sua capacidade de extensão. Assim, se mostra viável sua utilização no projeto temático citado neste trabalho, mesmo na versão *freeware*. Em conjunto com a linguagem de programação Ruby mais Sketchup-API pode ser utilizado na implementação de rotinas de produtividade, metodologias de projeto e etc. A disponibilidade do código de tais rotinas para estudo, aperfeiçoamento e distribuição atende às liberdades exigidas para *software* livre (PROJETO GNU, 2006).

Em todas as áreas, a tecnologia evolui para sistemas que possam integrar as fases de execução de um produto ou empreendimento. BIM (Building Information Modeling) aparece neste contexto na indústria da construção. Desta maneira, como já existem exemplos e esforços em CAD livre, o mesmo se espera com BIM open source (HARRISON, 2009).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.Q. Por que usar *software* livre?. Disponível em: <<http://www.dicas-l.com.br/dicas-l/20000116.php>> Acesso em: 28/02/2008.

BIZELLO, S.A.; RUSCHEL, R.C. CAD Livre para Arquitetura, Engenharia E Construção. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, III., 2007, Porto Alegre. , 2007.

BRASIL. Lei Nº. 11.888 de 24 de Dezembro de 2008. Assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social. Brasília

FREE SOFTWARE FOUNDATION. Palavras e frases confusas e carregadas que devem ser evitadas. Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/words-to-avoid.pt.html>> Acesso em: 13/05/2006.

FREITAS, Márcia Regina de ; RUSCHEL, R. C. . O Processo de Projeto de Edificações e Ferramentas Gráficas Utilizadas. In: Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, 14., 2000, Ouro Preto. **Anais**, Ouro Preto : UEMG. v. CD_ROM. p. 1-7.

GOOGLE DOCS. Architecture Case Studies_1 Disponível em: <http://docs.google.com/View?docid=dc837t9h_22r53r9> Acesso em: 30/10/2008.

GOOGLE SKETCHUP. Google Sketchup - 3D for Everyone Disponível em: <<http://sketchup.google.com/product/gsup.html>> Acesso em: 15/01/2009.

GOVERNO FEDERAL. Portal Software Livre Disponível em: <<http://www.softwarelivre.gov.br>> Acesso em: 11/09/2006.

HARRISON, D. Behind the Building Information Model Buzz. Disponível em: <http://www.stress-free.co.nz/behind_the_building_information_model_buzz> Acesso em: 08/01/2009.

KOWALTOWSKI, Doris C C K; PINA, Silvia A Mikami G; RUSCHEL, Regina Coeli; OLIVEIRA, Paulo V H. Uma metodologia de projeto arquitetônico de apoio à autoconstrução. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 1995, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: UFRJ-UFF-EPUSP, 1995. v. 1, p. 289-294.

NOVAES, C.C.; COELHO, S.B.S. O Uso de Software Livre na Construção Civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre. Porto Alegre, : Anais..., 2005.

PROJETO GNU. **O que é *software* livre?** FUNDAÇÃO PARA O *SOFTWARE* LIVRE Disponível em: <<http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.pt.html>> Acesso em: 11/09/2006.

REIS, C.R. Caracterização de um Processo de Software para Projetos de Software Livre. São Carlos, 2003. 247 f. Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação e Matemática Computacional - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP.

RUSCHEL, R.C.; RODRIGUES, A.B.F. Um Exemplo de Cooperação Para a Aplicação e Adaptação de Ferramenta de Projeto Arquitetônico em Empreendimentos de Habitação de Interesse Social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002. **Anais ...** Foz do Iguaçu - Paraná. , 2002.

TREDINNICK, R.; ANDERSON, L.; RIES, B.; INTERRANTE, V. A Tablet Based Immersive Architectural Design Tool. In: ACADIA CONFERENCE, 2006, University of Kentucky - Louisville, Kentucky. , 2006.

TSE, T.K.; WONG, K. A.; WONG, K.F. The utilization of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers. **ITcon**, Vol. 10, Special Issue From 3D to nD modelling , pg. 85-110, <http://www.itcon.org/2005/8>

KNOWLEDGE SUPPORT FOR COLLABORATIVE WORKSPACES: THE CoSPACES APPROACH

Celson Lima (1); Pedro Malo (2); Ruben Costa (3)

(1) Department of Electrical Engineering, Faculty of Sciences and Technology, New university of Lisbon, cp.lima@fct.unl.pt

(2) Department of Electrical Engineering, Faculty of Sciences and Technology, New university of Lisbon, pmm@uninova.pt

(3) Department of Electrical Engineering, Faculty of Sciences and Technology, New university of Lisbon, rddc@uninova.pt

Abstract

The overall objective of the CoSpaces Integrated Project (IP) is to develop organisational models and distributed technologies that support innovative collaborative workspaces for individuals and project teams within distributed virtual manufacturing enterprises, so as to establish effective partnerships, collaborate, be creative, improve productivity, reduce the length of design cycles and take a holistic approach to implementing product phases. The project aims to achieve this through enhanced human communication, innovative visualisation, knowledge support and natural interaction [1]. This paper discusses the knowledge-related dimension of CoSpace that is handled by the CoSpaces Knowledge Component. Such a component is, indeed, a set of ontology-enabled knowledge services (named CoSKS), which provides the appropriate functionalities to support the knowledge requirements identified as part of the operational scenarios of the project. CoSKS is introduced here, through the description of the major conceptual axes guiding its development, the operational environment (or the context of work), the requirements guiding the development of CoSKS and, finally, the CoSKS conceptual architecture including also relevant topics for this discussion (e.g. the CoSpaces ontology, the knowledge items/objects, etc.). Conclusions and future work close the paper.

Keywords: Knowledge-based Services, Ontologies, Collaborative Workspaces.

1. INTRODUCTION

Knowledge Management (KM) has surpassed the prejudice of being merely a ‘buzzword’ to become a domain of work with concepts and tools that have proved their usefulness in several domains and slowly have found their place in both academia and market [2][3]. For instance, the Construction sector in Europe received contributions from several projects that proposed and developed KM-enabled tools to support the whole production chain [4][5][6]. However, as already highlighted by the KM researcher community, the technology alone does not offer a solution; a wider change is needed at individual, cultural and organizational levels in order to guarantee that the implementation of KM practices and tools is successfully performed.

The focus within engineering solutions today is heavily biased towards IT systems. Organisations repeatedly look to the next ‘silver bullet’, the ‘killer’ IT solution to solve problems. The CoSpaces project is attempting to shift this emphasis towards what we call a knowledge concern. It is not about simply providing IT tools to become Knowledge tools; rather, it is about considering a holistic approach taking into account organisational structures, cultures, and behaviours. By shifting the focus to a knowledge-enabled enterprise, benefits will be sought, such as improving lead-time by avoiding rework and “re-invention of the wheel”, promoting re-use within design and bid proposals, to increase efficiency within collaborative working environment, and to reduce time needed to find information.

The CoSpaces project aims to develop a generic collaborative engineering environment which can support real-time collaboration between geographically dispersed teams working within distributed virtual engineering enterprises. The CoSpaces project is exploring how advanced technologies (e.g. virtual reality, augmented reality, tele-immersive interfaces, mobile

technologies, context-awareness and web services) can be deployed in creating human-centric collaborative workspaces for supporting product design and downstream maintenance and constructability processes. Building on advances in web services and context modelling technology, the CoSpaces project is aiming to create an underlying configurable and dynamic software framework so that the system can easily be adapted to suit the user and his or her context. In order to help achieving this objective, CoSpaces proposes the CoSpaces Knowledge Services (CoSKS), which is the main topic introduced in this paper.

The presentation of CoSKS is structured as follows. Section 2 is focused on the major axes driving the development of CoSpace Knowledge Services, namely Knowledge and Collaboration life cycle, and the approach supporting the Knowledge Enabled Engineering concept. Section 3 describes the CoSKS context of work within the CoSpaces Software Framework (CSF), which includes the requirements to be fulfilled by CoSKS, the CSF Portal, the BSCW tool, and some considerations about the technology and tools. Section 4 introduces the preliminary version of the CoSKS, including the requirements to be fulfilled in the CoSpaces scenario, the innovative aspects brought by CoSKS, and the most relevant conceptual elements. Section 5 discloses the CoSKS conceptual architecture. Finally, section 6 draws some conclusions about the (knowledge-related) work performed so far and presents the future work.

2. KNOWLEDGE AND COLLABORATIVE WORK

One of the key objectives of CoSpaces is to develop an innovative distributed software framework which will support the easy creation of collaborative workspaces for distributed workers and teams to support collaborative design and engineering tasks. This distributed software framework should allow the users to dynamically create distributed, knowledge-rich, worker-centric, adaptable and scalable collaborative workspaces, on-demand, so as to establish effective partnerships that are able to collaborate, be creative, improve productivity, and to take a holistic approach to implementing product phases. The collaborative workspaces built on top of the CoSpaces distributed Software Framework (CSF) environments will provide interactive virtual meeting places for problem solving, conflict resolution, knowledge sharing and receiving expert advice on-demand and will offer seamless and natural collaboration amongst distributed knowledge workers and teams [9].

The objective of the knowledge system component is to facilitate the collaboration of teams when trying to solve a certain engineering problem. The system should be able to provide the users with the most accurate information, which should enable users to use it in order to solve engineering problems.

The knowledge support component offers support to workers and teams who are engaged in collaborative design and engineering tasks. The specific aspects of a context, which will be considered in CoSpaces, are presence and location of users, current and past actions and tasks, availability of shared and individual data, and expertise of users.

Such context aware services are essential to reduce the complexity of shared multi-users engineering environments. They enable users to concentrate on their task by providing the task-specific information in the actual individual, group or process context and by filtering the noise of unrelated status and activity information that is often produced in distributed cooperative work sessions.

Sessions of active collaboration generally follow a well defined workflow. For example the tools and datasets used for weekly design review meetings will usually remain the same (the data in the sets changes, of course). Even the basic tasks will be similar, e.g. modification of

parameters or geometry. Between these sessions of active collaboration the management system stores the key properties of the sessions. These can be restored when starting a new session and beginning a common workflow.

The knowledge support component will be able to support the collaboration lifecycle (Figure 1) on all five stages depicted on figure 1. Orthogonally these four stages could be mapped into knowledge dimensions which deal with accessing and capture knowledge.

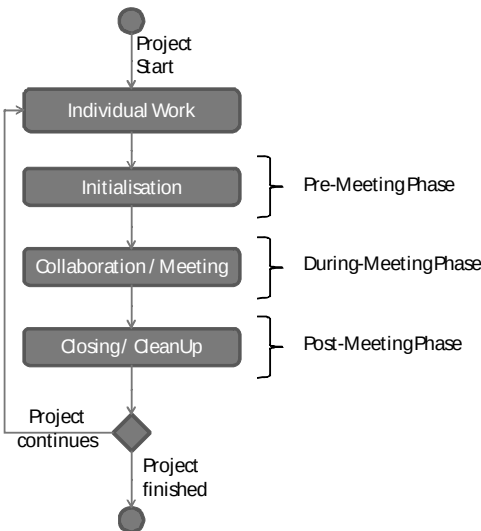


FIGURE 1
THE COLLABORATION LIFE CYCLE OVERVIEW.

The Individual Work phase deals with the identification of an engineering problem. Such phase comprehends a detailed description of the problem using natural language, performing annotations using CAD drawings and contextualising the current issue.

The Initialisation phase, also called pre-meeting, deals with the preparation of the agenda and the selection of the best experts to attend the meeting. The agenda preparation is supposed to be a semi-automated process, where a set of pre-existing templates are used in order to ease the development of the agenda. The system should also present a selection of best candidates to attend the meeting, where the user should choose the one's that best fit the purpose of the meeting.

The Collaboration/Meeting phase attempts to enable the participants to reach a common understanding regarding the issues previously identified. The system should help the users to find the right resources as guidelines solve a particular issue. This phase also comprehends the annotation of the several decisions that were made during the meeting.

The Closing/Clean-up phase, also called post-meeting, deals with the composition of the minutes. This phase is performed by a semi-automated process, which suggests the user with a set of conclusions from the meeting based on the several decisions that were achieved during the meeting. This process uses a set of pre-existing templates as the basis for the meeting minutes.

3. THE CONTEXT OF WORK IN COSPACES

Figure 2 shows the CoSpaces Software Framework (CSF), highlighting the points of relevance for CoSKS. From the CoSKS perspective (label ❷), two components are very relevant, namely the CoSpaces Portal (label ❶) and the document management system

(BSCW). Additionally to those, the technological choices and constraints brought by CSF are also analysed as part of the context in which CoSKS must work.

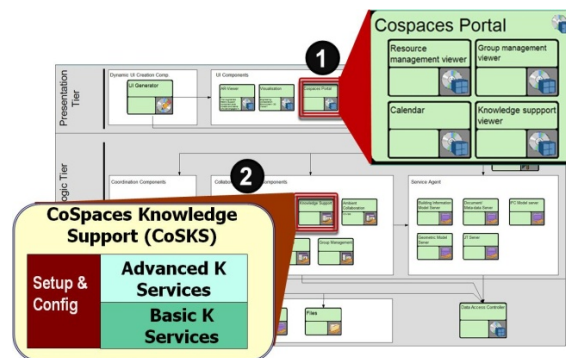


FIGURE 2
THE CoSKS WITHIN THE CSF ARCHITECTURE

Throughout the CoSpaces Portal the users (manager and ordinary users) might have access to the knowledge-related functionalities provided by CoSKS, through the element named *Knowledge Support Viewer* (❶), which is a kind of *Knowledge entry door*. Such a component provides management and exploitation of the knowledge produced in the CoSpaces collaborative environment. The CoSpaces Knowledge Support (❷) is organised conceptually in three main parts, namely:

- *Setup & Config*: handles the needs related to setup and configuration of the CoSKS component (e.g., creation of users/passwords, servers' addresses, etc.);
- *Basic K-Services*: the vital services for the normal operation of the CoSKS. Without them, the CoSKS cannot work properly. Some examples are: knowledge items indexation, ontology-based search, calculation of semantic weights, browsing of CoSpaces ontology, store / retrieve knowledge objects, etc.; and
- *Advanced K-Services*: intended to extend and enrich the CoSKS capabilities. They are to be built upon the Basic K-Services. Some examples are: the management of templates (of agendas and minutes) in a series of meetings and support to knowledge capture and capitalization considering a given knowledge context.

It is worth emphasising that CoSKS must interoperate with the document management tool called BSCW, which is *omnipresent* within the CSF environment. From CoSKS viewpoint, BSCW is the place where knowledge objects will be stored/retrieved. As such, CoSKS must implement services that will access BSCW repository, through its respective API.

Another important vector in the CoSpaces context is the fact that Construction is one of the industries providing evaluation scenarios to assess the results of the project. As such, families of Construction projects will give the inputs to the operation of the CoSKS component. The basic idea is that during the normal development of a construction project, the CoSKS will be in a position to help improving the quality of the management process, through the capitalisation on lessons learned, problems found x solutions proposed, etc., coming from similar projects already completed. A key aspect will be the representation of the knowledge produced during the lifetime of a Construction project and the subsequent exploitation of such knowledge.

4. THE COSPACES KNOWLEDGE SUPPORT COMPONENT

This section describes the main parts related to the development of the CoSKS, namely: (i) the requirements to be fulfilled by CoSKS; (ii) what are the innovative aspects brought by CoSKS; (iii) CoSKS conceptual architecture; and (iv) the respective CoSKS technical architecture. It is worth noticing that this is an on-going work and, as such, this is not the final definition of CoSKS.

Figure 3 shows four layers (or levels) where knowledge resides in. At the Domain level we find the knowledge related to the application domain of a given industrial sector (e.g., for Construction we can think of zoning regulations, planning permission, etc.). At the Corporate level we find the company specific knowledge (its intellectual capital), which is found both formally in company records and informally through the skilled processes of the firm. At the Community level there is knowledge shared inside a given community; it may include both project records and the memory of processes, problems and solutions. The user level represents the dimension where actors (engineers, managers, secretaries, etc.) generate/share/exploit knowledge.

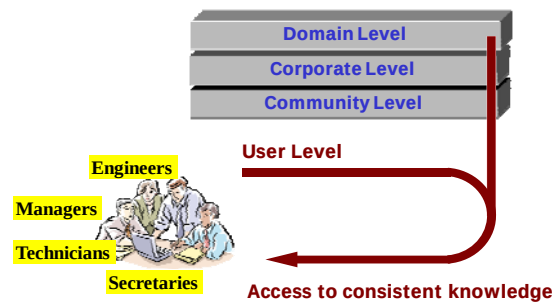


FIGURE 3
THE KNOWLEDGE LEVELS IN COSPACE (ADAPTED FROM [7]).

4.1 THE CoSKS REQUIREMENTS

As previously stated, the CoSKS realises (within the CoSpaces Software Framework) the knowledge support dimension during a collaboration process, which can occur either in an isolated way or as part of the development of a long project. Additionally, other requirements must be considered by CoSKS. They are shortly summarised in Figure 4, categorised into three main classes, namely Functional, Architectural, and Technical requirements.

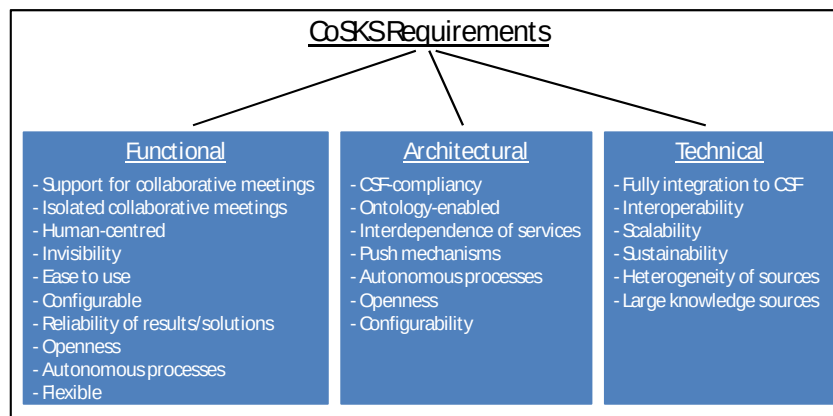


FIGURE 4
THE KNOWLEDGE LEVELS IN COSPACE

4.2 INNOVATION AND RESEARCH

The scientific foundations of the knowledge management system rely on the principle that the system should be dynamic enough to manage new types of context elements. It is proposed that the system should be based on a predefined ontology as a way to classify and establish relationships between an initial set of knowledge elements that should be contextualised according to the ontology. Such an initial set of contextualised knowledge elements will serve as a basis for making possible the search to knowledge elements more accurate during the system life-cycle.

The system should allow the introduction of new knowledge elements contextualised according to context element types that are not previously tackled by the ontology. The ontology should adapt according to the new context types and take such types into account. Such re-adaptation of the ontology against new context types is to be performed using user feedback i.e., the relations of the new context types should be “tuned” accordingly with the suitability of a certain knowledge element within the search query made into the system.

4.3 CoSKS CONCEPTUAL ELEMENTS

The conceptual elements (internal ones) considered in the development of CoSKS are the CoSpaces Ontology, the Knowledge Items / Objects, Semantic Contexts, Semantic Vectors, and Templates (Figure 5). The external entities providing inputs to or interacting with CoSKS are the Knowledge Support Viewer (i.e., the Knowledge Portal), the BSCW (the *Basic Support for Cooperative Work* software tool, provides support for cooperative/collaborative work), and the Protégé Ontology editor.

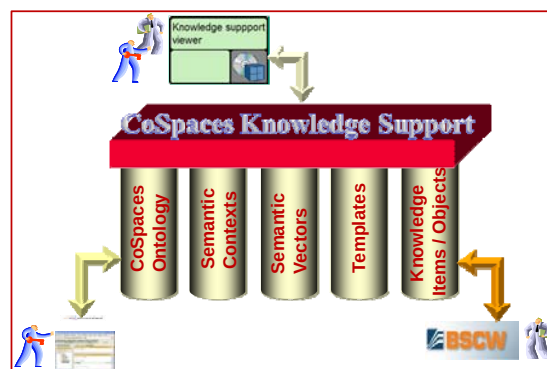


FIGURE 5
THE KNOWLEDGE LEVELS IN COSPACES

The CoSPACES Ontology

This ontology focuses on concepts as they relate to CoSpaces main objective, which is to support innovative collaborative working practices within distributed manufacturing organisations. Therefore, the ontology must provide the basis for a consistent knowledge representation of knowledge items from the industrial domains represented in CoSpaces.

Figures 6a and 6b depict, respectively, the motto driving the CoSpaces ontology and the first level of the hierarchy of concepts. The terms written in bold on the left represent concepts on the right hand side of the picture. Terms between parentheses represent subtypes of concepts. The terms Review, Decide, and regarding relates a process to a concept, i.e., they represent relations among concepts. The ontology, by its very nature and relevance, deserves to be described in a more detailed way, which cannot be done here.

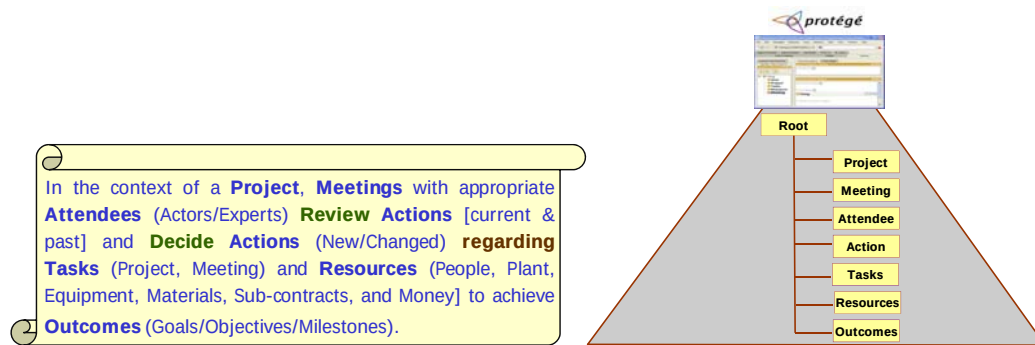


FIGURE 6A & 6B
THE ONTOLOGY MOTTO & ITS HIGHEST LEVEL (ADAPTED FROM [8] & [9])

Semantic Vectors

These are elements used to semantically index the knowledge items, based on ontological weights. Briefly, a list of ontological concepts that best matches a query is ranked according to the ontological weights assigned to each concept.

There are three ways to calculate such a weight, namely: equivalent terms-based, taxonomy-based, and fully ontology-based. The equivalent terms represent the keywords related to each concept (synonyms or words/expressions that can be associated to that concept). They are then used as "indexes" to access the concepts, therefore using purely "statistics" (the greater the number of equivalent terms of a given concept found in the query, the heavier the concept becomes).

The taxonomy-based way takes the previous weight and refines it using the "as is" relation to navigate around the heaviest concepts and augment the weight of neighbouring concepts (this augmentation is based on a configurable table of factors guiding generalization/specialization of the taxonomy).

The fully ontology-based method exploits all the relations that start from the heaviest concepts to augment the neighbouring concepts (augmentation process is similar to the taxonomy-based one).

Knowledge Items and Objects

Knowledge Elements (KELs) are pieces of knowledge focusing on specific topics. Entity and Constraints forms enable the collection of knowledge about product breakdown and product limitations. Activity and rule forms enable the collection of knowledge about process breakdown and flow control. Finally, illustration forms can be linked to any of the other forms so as to record any corresponding past experience.

These forms are an example of how to organize structured KELs. Other examples of KELs found in industrial companies may include documents about lessons learnt, best practice examples, expert manuals and expert contact information, etc..

The smaller the KEL, the more the process of delivery-in-context makes sense. The objective is then to select the right K-EL which applies to the user context. If all KELs are merged in one big document, without any way to discriminate them, the in-context delivery process will make no sense or will be time consuming. This one big document approach will be applicable in all user contexts, and the individual user will not know (or will delay discovering) which knowledge in the document really applies to the context.

From the analysis of the use cases coming from the CoSpaces, several types of KEL were identified as follows:

- Issue – This feature represents the problem which is intended to be resolved;
- Actors – Type of user involved in collaboration activities; and
- Artefacts (audio, video, images, documents, etc.).

Semantic Contexts

In order to define the context model to be used within CoSpaces, an approach was explored which starts from the study of existing KELs and describing their context of use.

Semantic contexts allow recognition of new circumstances where the model can be usefully applied. In order to achieve our objective of in-context K-EL delivery, we focused on representation of an engineering context, which is the abstraction of those elements of circumstances in which a K-ELs is learnt, that allows recognition of new circumstances where the K-ELs could be usefully applied. We studied real examples of K-ELs coming from CoSpaces use cases and we identified how to describe their domain of applicability. The result from this approach was the identification of relevant context dimensions. Context dimensions are properties or attributes that describe the context.

The following context dimensions arose from the analysis:

- Process: describes the stage of the project life-cycle associated to the KEL (Conception, Design, Produce, Maintenance, etc.).
- Product: name of the product(s) which is related with the KEL.
- Project Type: type of the project(s) which is related with the KEL.
- Project Phase: knowledge items might have different meanings in different phases of the project.
- Role: type(s) of role associated with the KEL (e.g., Architect, Engineering, Foreman, Project Manager, etc.).
- Discipline: type of discipline associated with the KEL (Duct, Structural, Electrical, HVAC, Architectural, etc.).

Templates

They are intended to support the collaboration event itself. CoSKS will suggest customisable starter templates for three classes of meetings, namely initial, ordinary (technical / management), and review.

Each template can be viewed as a structured document holding information objects (such as content blocks, action phrases, authors / actors, action target dates) that can point to knowledge items and can refer concepts from the ontology.

5. CoSKS CONCEPTUAL ARCHITECTURE

The CoSKS component operates within the CSF environment, where users play a key role. Therefore, these two entities (users and CSF) are also depicted in the CoSKS conceptual architecture, helping to present it in the right context (Figure 7). Three rectangles isolate each one of these entities.

On the left side is the users' area, showing three classes of users, namely ordinary user, administrator, and ontology manager. The latter is responsible for the creation of the CoSKS

ontology using the Protégé tool. Other two classes represent the CSF users (ordinary and administrator).

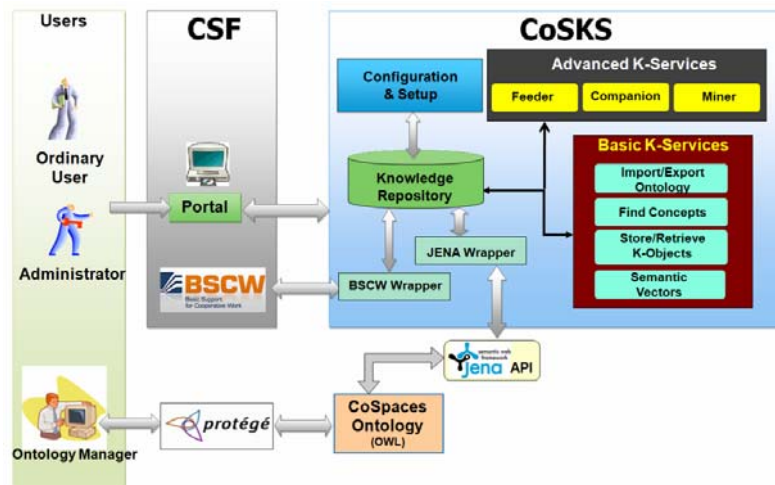


FIGURE 7
THE COSKS CONCEPTUAL ARCHITECTURE

On the centre we have the CSF area, showing the CSF Portal and the BSWC. The former will support the collaboration processes of the users, who will create/maintain/share/exploit knowledge during those processes. The latter is intended to be used as the repository of knowledge items created/maintained/shared/exploited by CSF users. Finally, on the right side we see the CoSKS area, displaying its conceptual architecture. Major elements showed here are the following:

- **Configuration & Setup:** supports the mandatory configuration of basic elements to guarantee the integration of CoSKS into CSF (such as ports, servers addresses, etc.) as well as the very operation of the CoSKS (e.g., definition of users' access rights).
- **Knowledge Repository:** represents the “conceptual” repository used to store knowledge-related resources, such as the ontology itself, the CoSKS database, Knowledge objects, semantic vectors, templates of meetings minutes, just to name a few.
- **Basic K-Services:** the vital services that guarantee the operation of CoSKS. Some examples are: import/export OWL ontology, calculate ontological weights (based on semantic vectors), concepts-based searching, and store/retrieve knowledge objects.
- **Advanced K-Services:** high level knowledge services. Some examples are: management of ‘semantic contexts’, management of meeting minutes as part of a series of (project) meetings, historical analysis of ‘similar’ projects, lessons learned advisor.
- **BSCW Wrapper:** provides the access to knowledge items. This wrapper also provides a sort of independence of the BSCW in the sense that if the repository of knowledge items change, than the only component to be changed in the CoSKS is this wrapper.
- **JENA Wrapper:** provides the access to the CoSpaces ontology imported/ exported from/to Protégé. The independence argument presented for the BSCW wrapper is also applied here.

6. CONCLUSIONS

In this paper, we outlined an approach to integrate knowledge management with collaborative engineering activities. The CoSKS component has been introduced as an element to work within the CSF operational environment and, as a single component to support the knowledge

dimension of CoSpaces. The major conceptual axes guiding the development of CoSKS is the Knowledge Enabled Engineering approach, the evolution of knowledge items along their lifecycle and the knowledge aspects raised as part of collaboration processes.

Collaboration usually involves three main phases, namely the preparation, the collaboration itself, and the post-collaboration phase. In the first phase, collaborators are (either pro-actively or motivated by the system) working on the preparation of the collaboration. In the second phase the collaboration really happens through a kind of event, such as co-located or remotely-based meetings. The last phase targets the accomplishment of actions and to-do list produced during the second phase.

The CSF itself suggests some requirements, constraints, and technical choices that will be followed by the CoSKS. The CoSKS offers a set of knowledge-related services accessed by the users via the CSF Portal or accessed by other software components through the appropriate API. The CoSKS is ontology-enabled set of services; as such, the ontology is in the very centre of the development. Such ontology is conceived to fulfill the requirements guiding the development of CoSKS together with the three conceptual axes supporting the work. Protégé is the ontology editor adopted here and JENA API seems to be the most recommended way to explore OWL-compliant ontologies. The CoSKS conceptual architecture adopts a two-layer approach where the knowledge services are classified into basic and advanced services.

7. REFERENCES

- [1] COSPACES White Paper. Innovative Collaborative Work Environments for Design and Engineering. Accessed 2009-01-28 at <http://www.cospaces.org/>.
- [2] Hannus. M, Zarli, A., Kazi A. S., Bourdeau M., Martens B., and Tschuppik O (2007). Vision & Strategic Research Agenda: Processes and ICT, Strat-CON deliverable D1 - Focus Area Processes and ICT / European Construction Technology Platform (ECTP) - www.ectp.org.
- [3] Al-Jibouri SH and Mawdesley MJ (2002). A knowledge based system for linking information to support decision making in construction, ITcon Vol. 7, Special Issue ICT for Knowledge Management in Construction , pg. 83-100, <http://www.itcon.org/2002/6>.
- [4] Alain Zarli, Abdul Samad (Sami) Kazi, Matti Hannus, Marc Bourdeau, Anders Ekholm, Ronny Andersson (2007). A strategic and comprehensive vision for future R&D in construction ICT, In proceedings of 24th W78 Conference, Maribor, Slovenia.
- [5] Kazi A S, Hannus M (guest editors) (2002). ICT for Knowledge Management in Construction (special issue). Electronic Journal of Information technology in Construction, Vol. 7, pg. 57-61.
- [6] Böhms M, Lima C, Storer G, Wix J. Framework for Future Construction ICT, International Journal of Design, Sciences & Technology, Volume 11, Number 2, p. 153-162, editor: Dr. Reza Beheshti.
- [7] Costa, R. et al. Knowledge Enabled Collaborative Engineering in AEC. In: ECPPM2008 - 7th European Conference on Product and Process Modelling, 10-12 Sep 2008, Sophia-Antipolis, France. 7
- [8] LIMA, Celso Pantoja; FIÈS, Bruno; LEFRANÇOIS, Guillaume; DIRABY, Tamer El. The challenge of using a domain Ontology in KM solutions: the e-COGNOS experience. In: 10TH ISPE 2003, 2003, Funchal. International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications. 2003. p. 771-778.
- [9] El-Diraby T, Lima C, Fiès B. Domain Taxonomy for Construction Concepts: Toward a Formal Ontology for Construction Knowledge, Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 19, No. 4, October 2005, pp. 394-406.

DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE UMA ONTOLOGIA PARA O DOMÍNIO ESPECÍFICO “GERENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL”

Bruno Fernandes de Oliveira (1); Maria do Carmo D. Freitas (2); Sérgio Scheer (3)

(1) Bolsista CAPES no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – Universidade Federal do Paraná, Brasil, e-mail: bruno.oliveira@ufpr.br

(2) Departamento de Ciência e Gestão da Informação, D. Eng. Profa. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – Universidade Federal do Paraná, Brasil, e-mail: mcf@ufpr.br

(3) Departamento de Construção Civil, Dr. Eng. Prof. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – Universidade Federal do Paraná, Brasil, e-mail: scheer@ufpr.br

Resumo

A Web ampliou os meios de comunicação, de pesquisas, comércio e serviços. A facilidade de distribuição da informação e o crescimento da quantidade de dados armazenados ocasionam um problema crescente e complexo. Observa-se uma carência de métodos de indexação que propiciem a recuperação e precisão na busca de informações. Este volume de informações e dados atinge a todas as áreas do conhecimento, não sendo diferente na Construção Civil.

A falta de um consenso quanto à metodologia e às ferramentas a serem utilizadas na construção de uma ontologia dificultam a tomada de decisão em projetos de ontologias. Este artigo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura para a escolha de um método de construção de uma ontologia para o domínio específico Gerenciamento na Construção Civil. Parte de uma revisão de literatura e definição das etapas de modelagem: planejamento (definir domínio, escopo, questões a serem respondidas); determinação de um vocabulário controlado para a área; construção (enumerar termos, classes, hierarquias, restrições); seleção de ferramentas tecnológicas; aplicação, validação e acompanhamento. Uma vez que não existe um consenso em qual metodologia deve-se usar para a construção de ontologias, optou-se por desenvolver um método próprio, que melhor se aplicou ao contexto em que seria utilizada.

Palavras-chave: ontologia, gerenciamento da construção, gestão do conhecimento.

Abstract

The internet has broadened the means of communication, research, business and services. The easy way to send information and the constant increase of data create a growing complex problem. There is a need for methods that allow the recovering and the precision on the search for information. The volume of information and data reaches every knowledge area, including Civil Construction.

The lack of agreement on which methods and tools would be best to compile ontology make it difficult to decide about ontology projects. This article presents a literature review used to select a method of building an ontology for the specific area in Construction Management. Part of a literature review and the definition of modeling steps: planning (define domain, purpose, questions to be answered); establish the range of specific vocabulary; construction (enumerate terms, classes, hierarchies, restrictions); technological tool selection; application, validation and accompaniment. Since there is no consensus on which methodology should be used for building ontologies, we chose to develop a proprietary method that best fits the context in which they apply.

Keywords: *ontology, construction management, knowledge management.*

1. INTRODUÇÃO

A Web ampliou os meios de comunicação, de pesquisas, comércio e serviços. O surgimento de redes de comunicação e disseminação de informações com alcance global fez com que uma quantidade muito grande de informações estivesse ao alcance de qualquer um, em qualquer lugar, bastando ter acesso à Internet. Fato que tem favorecido um aumento exponencial na quantidade de informações disponíveis, permitindo que qualquer pessoa desempenhe o papel de produtor ou consumidor de informações (possibilidades criadas com a Web 2.0), independentemente de fronteiras geográficas.

A facilidade de distribuição da informação e o crescimento da quantidade de dados armazenados ocasionam um crescente problema de abundância de dados para as áreas da ciência, negócio e governo, acompanhado da desorientação e conseqüente dificuldade de acesso à informação, dentre outras.

A manutenção de documentos em meio eletrônico tem sido difícil pelo excesso de informações e a pluralidade e efemeridade dos formatos digitais. As necessidades mudam à medida que a informação aumenta e esta tem de ser gerida, a recuperação de informação é cada vez menos precisa devido a este grande volume informativo e à falta de semântica por parte dos motores de busca. Os métodos de indexação não são suficientemente eficientes para fazer com a mesma precisão as buscas que anteriormente realizavam. Assim, a demanda por ferramentas de busca, verificação, recuperação e análise de documentos que retornem ao usuário aquilo que ele realmente precisa, aumenta.

O crescimento da utilização de tecnologias digitais favorece novas possibilidades de desenvolvimento de instrumentos que possibilitem aperfeiçoar os processos de produção, armazenamento, representação e recuperação de informações. É nesse contexto que surge a Web Semântica. Uma nova web que se orienta pela garantia de comunicação entre pessoas e computadores, trabalhando colaborativamente. E por possibilitar esta comunicação, as ontologias ganham importância ao possibilitar que os agentes entendam a semântica contida nas definições dos vocabulários de domínios específicos, diminuindo ambigüidades e proporcionando o intercâmbio de informações, através de consultas sobre suas estruturas.

Dentre as estruturas utilizadas para organização e relacionamento de conceitos, as ontologias têm sido amplamente citadas na literatura nos últimos anos. Estas contribuem com soluções a alguns dos problemas causados pelo elevado e desordenado volume de informações, já que são capazes de interagir com o usuário respondendo a suas perguntas, ao mesmo tempo em que podem processar os documentos de forma inteligente, e são capazes de representar o conhecimento compreendendo um conteúdo informativo muito grande.

Neste artigo é apresentada uma revisão da literatura sobre ontologias, seus conceitos, classificações, metodologias de construção, ferramentas, de modo a dar suporte à proposta de construção de uma ontologia para o domínio específico Gerenciamento da Construção Civil, que é apresentada ao final.

2. ONTOLOGIA

O termo deriva do grego “ONTO” (ser) e “LOGIA” (discurso falado ou escrito), é empregado pela Filosofia e estuda as teorias sobre a natureza da existência. O termo foi emprestado por

pesquisadores e estudiosos da web e inteligência artificial, para os quais o termo ontologia significa “um documento que define as relações entre termos e conceitos” (BERNERS-LEE *et al.*, 2001).

Guarino e Giaretta (1995) enumeraram diversas interpretações que vêm sendo utilizada para a palavra ontologia com o intuito de esclarecer terminologicamente a escolha técnica do uso desse vocábulo. As possibilidades de interpretação elencadas por eles são: [1] ontologia como uma disciplina filosófica; [2] ontologia como um sistema conceitual informal; [3] ontologia como um cálculo da semântica formal; [4] ontologia como uma especificação de uma “conceitualização”; [5] ontologia como uma representação de um sistema conceitual a partir de uma teoria lógica, caracterizada por: [5a] propriedades formais específicas e [5b] por propósitos específicos; [6] ontologia como o vocabulário usado por uma teoria lógica; [7] ontologia como uma especificação de uma teoria lógica (meta-level).

Muitos são os conceitos do termo ontologia, sendo que os de Gruber (1993) – uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização –, Guarino (1998) – uma ontologia define as regras que regulam a combinação entre os termos e suas relações, definindo assim uma linguagem a ser utilizada para formular consultas – e Borst (1997) – ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada – são três dos mais difundidos.

Assim, as ontologias possibilitam o preenchimento do "vazio" semântico entre a representação sintática da informação e sua conceitualização. São, portanto, um modelo de relacionamento de entidades em um domínio particular do conhecimento, uma representação de um domínio a partir de seus conceitos abstratos e a forma como esses conceitos se relacionam entre si. É um modelo consensual do mundo, no sentido de que é reconhecido da mesma forma pelas pessoas desse mundo e de que, por ser um modelo, não faz referência às suas instâncias. O objetivo de sua construção é a necessidade de um vocabulário compartilhado onde as informações possam ser trocadas e também reusadas pelos usuários de uma comunidade, sejam eles humanos ou agentes inteligentes.

As ontologias têm uma função similar aos esquemas das bases de dados, provêm da semântica processável pelas máquinas, das fontes de informação ao longo das coleções de termos e suas relações (LACY, 2005).

2.1. Componentes de uma ontologia

A ontologia formaliza o conhecimento através da utilização de cinco componentes (NOY e MCGUINNESS, 2001):

- *Conceitos*, que são a representação de algo acerca do domínio em questão.
- *Relacionamentos*, que são as integrações entre os conceitos do domínio.
- *Propriedades das classes*, e seus valores permitidos.
- *Axiomas*, que representam as sentenças que irão restringir a interpretação dos conceitos e relações.
- *Instâncias* são as representações dos conceitos e relações que foram estabelecidas pela ontologia.

2.2. Classificação

Dependendo da abordagem, são várias as classificações das ontologias. Elas podem ser classificadas segundo o grau de formalismo, quanto à sua função, sua aplicação, conteúdo ou

estrutura. O Quadro 1 apresenta as classificações mais recorrentes na literatura.

	CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Quanto à aplicação	De autoria neutra	Aplicativo escrito em única língua, depois convertido para uso em diversos sistemas, reutilizando-se as informações.
	De especificação	Usada para documentação no desenvolvimento de softwares.
	De acesso comum à informação	Para vocabulário inacessível, torna a informação inteligível, proporcionando conhecimento compartilhado dos termos.
Quanto à função	De domínio	Reutilizáveis, fornecem vocabulário sobre conceitos, relacionamentos e regras.
	De tarefa	Fornecem um vocabulário sistematizado de termos. Especificam tarefas.
	Geral	Vocabulário relacionado a coisas, eventos, tempo, espaço, etc.
Quanto ao formalismo	Informal	Expressa livremente em linguagem natural.
	Semi-informal	Expressa de forma restrita e estruturada, em linguagem natural.
	Semi-formal	Expressa em uma linguagem artificial definida formalmente.
	Formal	Termos definidos com semântica formal, teoremas e provas.
Quanto ao conteúdo	Terminológica	Especifica termos usados para representar o conhecimento em um domínio.
	De informação	Especifica a estrutura de registros de bancos de dados.
	De modelagem de conhecimento	Especifica conceitualizações; estrutura interna semanticamente rica.
	De aplicação	Contém as definições necessárias para modelar o conhecimento em uma aplicação.
	De domínio	Expressa conceitualizações que são específicas para um determinado domínio.
	Genérica	Descrevem conceitos genéricos.
	De representação	Explica as conceitualizações por trás dos formalismos de representação do conhecimento.
Quanto à estrutura	De alto nível	Descreve conceitos gerais relacionados aos elementos da ontologia, os quais são independentes do domínio.
	De tarefa	Descreve o vocabulário de um domínio.
	De domínio	Descreve uma tarefa ou atividade através da inserção de termos especializados na ontologia.

Quadro 1 – Classificações das ontologias

2.3. Tipos de relações semânticas

Relações semânticas são associações significativas entre dois ou mais conceitos, entidades ou conjunto de entidades. Os conceitos/entidades são parte integral da relação como uma relação não pode existir por ela mesma (KHOO e NA, 2006). As relações semânticas em uma ontologia podem ser as seguintes:

- *Sinonímia*: termos que significam o mesmo, ou têm um significado similar.
- *Hiponímia*: É o tipo de relação pela qual indicaremos se o termo é específico de outro ou hierárquico.

É importante ressaltar a diferença entre relações unárias (a relação entre um conceito e outro conceito, que é seu atributo, uma característica do conceito) e relações binárias (relação entre dois conceitos) (GONÇALVES e SOUZA, 2007). Segundo Sayão (2001), as abstrações semânticas mais utilizadas na criação de relações em uma ontologia são:

- Generalização (“é-um”), que diz respeito ao agrupamento de objetos em níveis hierárquicos;

- Agregação (“*é-parte-de*”), que ocorre quando objetos são agrupados em um relacionamento de composição, para formar um objeto maior;
- Classificação (“*é-instância-de*”), que ocorre quando objetos são agrupados por serem exemplos particulares de um tipo mais geral;
- Associação (“*é-membro-de*”), que ocorre quando os objetos são agrupados por sua capacidade de satisfazer algum critério.

2.4. Engenharia de Ontologias

A primeira referência ao termo Engenharia de Ontologias como uma área de pesquisa foi feita por Mizoguchi e Ikeda (1996). Como área de pesquisa, pode-se dizer que sua base é composta pelas primeiras propostas de metodologias de desenvolvimento de ontologias em 1995, através do relato da experiência obtida durante o desenvolvimento da Enterprise Ontology (USCHOLD; KING, 1996) e com o projeto TOVE (TOronto Virtual Enterprise) (GRÜNINGER; LEE, 2002). Desde então, várias outras propostas surgiram, como o método de desenvolvimento do projeto Esprit KACTUS (BERNARAS et al., 1996), para o domínio de circuitos elétricos, o projeto METHONTOLOGY (GÓMEZ-PÉREZ, 1996), um framework para construção de ontologias, dentre outros.

2.4.1. Metodologias e critérios de construção

Não existe uma formalização ou uma metodologia definida para a construção de ontologias, sua estrutura de construção deve considerar os propósitos e objetivos da ontologia. A seguir são apresentadas algumas das metodologias existentes para a construção de uma ontologia.

Metodologia de Uschol&King (USCHOLD; KING, 1996): Concebida para dar suporte à modelagem de processos empresariais. Identifica os propósitos, os conceitos e relacionamentos entre conceitos, além dos termos utilizados para codificar a ontologia e, em seguida, documentá-la.

Metodologia de Grüninger&Fox (GRÜNINGER; FOX, 1995): Método formal que identifica cenários para uso da ontologia. Utiliza questões em linguagem natural para determinação do escopo da ontologia, executa a extração sobre os principais conceitos, propriedades, relações e axiomas.

METHONTOLOGY (FERNANDÉZ-LÓPEZ et al., 1999): Dá suporte à construção de ontologias no nível do conhecimento. Descreve a identificação do processo de desenvolvimento da ontologia dividindo-o em tipos de atividades a serem desenvolvidas, descreve o ciclo de vida de uma ontologia, a partir da evolução de protótipos assim como técnicas específicas para cada atividade executada.

Além destas, que são as mais difundidas, existem ainda outras metodologias, como a *KACTUS* (BERNARAS et al., 1996) – consiste em uma proposta inicial para uma base de conhecimento; quando é necessária uma nova base em domínio similar, generaliza-se a primeira base em uma ontologia adaptada a ambas aplicações; quanto mais aplicações, mais genérica a ontologia; a *Sensus* (SWARTOUT et al., 1997) – constrói ontologias a partir de outras ontologias, identificando os termos relevantes para o domínio e ligando-os à ontologia mais abrangente; a *On-to-knowledge* (STAAB et al., 2001) – auxilia a administração de conceitos em organizações, identificando metas para as ferramentas de gestão do conhecimento e utilizando cenários e contribuições dos provedores/clientes de informação da organização; ou ainda as metodologias *CO4* (EUZENAT, 1996) e a *(KA)²* (KIETZ et al., 2000).

Gruber (1993) afirma ser necessário, no momento em que são tomadas decisões projetuais

acerca da construção de uma ontologia, para guiar e avaliar o projeto, o uso de critérios objetivos. Definiu, assim, alguns critérios a serem seguidos quando da construção de uma ontologia:

1. *Clareza*: faz-se referência à objetividade da definição.
2. *Coerência*: faz referência às conexões, relações que se estabeleçam entre os conceitos representados nas ontologias, a lógica, consequência e consistência dos axiomas.
3. *Extensível*: a ontologia deve ser construída para poder antecipar-se aos usos do vocabulário que se empregará ou compartilhará. Deve oferecer uma gama conceitual para as possíveis questões que possam surgir no futuro.
4. *Tendência de codificação mínima*: a linguagem que se utiliza para a codificação da conceitualização é independente, é uma escolha que pode ser em função das necessidades da ontologia, da escolha do construtor, etc.
5. *Compromisso mínimo ontológico*: ainda que possa parecer contraditório, uma ontologia deve evitar fazer muitas afirmações sobre o mundo que se está modelando, já que, no futuro, esta deverá permitir aos autores que desejem empregá-la ou modificá-la realizar as instâncias e especializá-la na área conceitual que desejem.

Posteriormente, Gómez-Pérez e Benjamins (1999) acrescentaram outros critérios:

6. *Completeza*: uma definição deve expressar as condições necessárias e suficientes para expressar um termo, indo além das necessidades circunstanciais de uma aplicação;
7. *Princípio da distinção ontológica*: as classes definidas na ontologia devem ser disjuntas, sem superposição de conceitos;
8. *Diversificação das hierarquias*: para aproveitar ao máximo os mecanismos de herança múltipla;
9. *Modularidade*: para minimizar o acoplamento entre os módulos;
10. *Minimização da distância semântica*: entre conceitos similares, de forma a agrupá-los e representá-los utilizando as mesmas primitivas;
11. *Padronização dos nomes*.

2.4.2. Ferramentas e linguagens

Assim como não existe consenso sobre uma metodologia para a construção de ontologias, também não há quanto à ferramenta de criação a ser usada. Estas são variadas e fazem uso de diferentes linguagens na hora da construção. Na escolha de uma ferramenta, deverá ser levado em consideração o propósito da ontologia, a linguagem que se pretende utilizar, a classificação da ontologia e o conhecimento que se tem de alguma delas.

Dentre as ferramentas existentes, as mais citadas e utilizadas na literatura são o Protégé¹ – um ambiente interativo para projeto de ontologias, de código aberto, que oferece uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitetura para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. A arquitetura é modulada e permite a inserção de novos recursos; o Ontolingua² – conjunto de serviços que possibilitam a construção de ontologias compartilhadas entre grupos. Permite acesso a uma biblioteca de ontologias, tradutores para linguagens e um editor para criar e navegar pela ontologia; o OntoEdit³ – é um ambiente gráfico para edição de ontologias, que permite inspeção, navegação, codificação e alteração

¹ <http://protege.stanford.edu/>

² <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

³ <http://www.ontoknowledge.org/tools/ontoedit.shtml>

de ontologias; e o WebODE⁴ – ambiente para engenharia ontológica que dá suporte à maioria das atividades de desenvolvimento de ontologias, e permite a integração com outros sistemas; entre outras.

Quanto às linguagens relatadas para formalizar ontologias, a OWL (*Ontology Web Language*) faz parte da crescente lista de recomendações da The World Wide Web Consortium (W3C) relacionadas ao desenvolvimento da Web Semântica. Esta linguagem oferece mecanismos para representar explicitamente o significado dos termos e os relacionamentos entre estes termos. É uma linguagem para ontologias web desenvolvida para a utilização em aplicações que necessitam processar o conteúdo de informações em vez de somente apresentá-las aos usuários, ou seja, ela é pretendida para ser utilizada quando informações contidas em documentos precisam ser processadas por aplicações, ao contrário do que ocorre quando estes conteúdos somente são apresentados aos humanos. (W3C, 2004)

Existem ainda a Ontolingua – baseada em KIF (*Knowledge Interchange Format*) e no *Frame Ontology*, permite que as ontologias sejam construídas, editadas e salvas em grandes bases de conhecimento em uma linguagem formal de representação, oferecendo um grau de consistência do conhecimento; o Loom – uma linguagem de programação de alto nível também baseada na lógica *first-order predicate calculus* que fornece uma linguagem de modelo declarativa expressiva e explícita da especificação, uma forte sustentação dedutiva, diversos paradigmas de programação, e serviços da base de conhecimento; a FLogic – uma integração de linguagens baseadas em *frames* e no *first-order predicate calculus*. Incluem os objetos (simples e complexos), herança, polimorfismo, métodos para a solução de tarefas e encapsulamento. Seu sistema dedutivo trabalha com a teoria do *first-order predicate calculus* e a herança estrutural e comportamental; entre outras.

3. ESFORÇOS EM AEC

No Brasil, destaca-se a pesquisa de Rabelo e Amorim (2007) e Amorim e Cheriaf (2007). Estes autores criaram o ONTOARQ, um sistema desenvolvido para a criação de uma ontologia na área de AEC. Eles ressaltam a importância da interoperabilidade na comunicação e o compartilhamento e compatibilização de conhecimentos, o que, para os autores, passa pela padronização de terminologias e pela elaboração de uma ontologia para a área, fazendo uso do vocabulário controlado CDCON (AMORIM; PEIXOTO, 2006).

Para os autores, o desenvolvimento integrado do projeto de AEC envolve a padronização de métodos e procedimentos, integrando os recursos oferecidos pelas Tecnologias de Informação para o gerenciamento e controle da documentação. Assim, o projeto pode ganhar melhor qualidade no fluxo de informações e de trabalhos, pode gerar a compatibilização dos projetos e melhorar a rastreabilidade das informações. As ontologias surgem então como uma resposta à falta de organização dos conceitos. Porém, poucos são os esforços para o desenvolvimento destas ontologias e vocabulários na área de AEC.

4. PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO DE UMA ONTOLOGIA PARA O DOMÍNIO ESPECÍFICO “GERENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL”

Diante de um cenário de desorganização das informações e documentos digitais na área de AEC, especificamente no domínio do Gerenciamento da Construção Civil, propõe-se a

⁴ <http://webode.dia.fi.upm.es/WebODEWeb/index.html>

construção de uma ontologia a ser utilizada na gestão do conhecimento desta área.

O domínio específico a que se pretende construir a ontologia “Gerenciamento da Construção Civil” é a área de conhecimento que estuda o planejamento e o controle da produção na construção civil, a aplicação de tecnologias de informação, a gestão de custos e pessoal, a gestão de contratos e da cadeia de suprimentos, os requisitos dos clientes e de qualidade, e outros temas relacionados à administração de empreendimentos na construção civil.

A demanda deste projeto surgiu a partir da necessidade de realizar a gestão do conhecimento dos pesquisadores na área, uma vez que, mesmo que ainda timidamente (CINTRA; DUARTE, 2008), se discute a gestão do conhecimento na construção civil, mas os próprios pesquisadores não a fazem com suas pesquisas. A falta de um thesaurus para a categorização dos termos da área e de uma ontologia que forneça exatidão nos resultados de motores de busca, torna a recuperação da informação, muitas vezes, inexata, retornando diferentes resultados para termos que deveriam ser considerados semelhantes (FREITAS *et al.*, 2008).

O projeto ainda se encontra em fase de planejamento e desenvolvimento do thesaurus, e, após revisão bibliográfica das várias metodologias, optou-se por desenvolver metodologia própria, a partir de uma adaptação das estudadas, principalmente de *Uschol&King* e METHONTOLOGY, por apresentarem passos mais simples desde que exista a possibilidade de reutilização de outra ontologia e já exista um thesaurus da área. O desenvolvimento da ontologia se dará segundo o seguinte roteiro:

1. PLANEJAMENTO

- 1.1. Definição do Domínio: domínio a ser coberto pela ontologia, neste caso, *Gerenciamento da Construção Civil*.
- 1.2. Determinar o Propósito: para quê será utilizada a ontologia; que tipo de questões será respondido pelas informações na ontologia. Neste caso, a ontologia será utilizada na gestão do conhecimento gerado pelos pesquisadores do domínio em questão.
- 1.3. Considerar Reutilização de Ontologias: considerar o uso de outras ontologias já validadas através de outras aplicações, como a desenvolvida no projeto ONTOARQ.

2. CONSTRUÇÃO

- 2.1. Enumerar termos importantes
- 2.2. Definir classes e hierarquia de classes
- 2.3. Definir propriedades das classes – *slots*
- 2.4. Definir Restrições
- 2.5. Criar instâncias

3. APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO

4. ACOMPANHAMENTO

Durante todo o processo, deverá ser feito o controle da qualidade (critérios).

- 4.1. Avaliação
- 4.2. Revisão
- 4.3. Documentação

Para o desenvolvimento deste projeto, estão sendo analisadas as ferramentas Protégé (pela ampla indicação na literatura, por ser um software livre e por importar e exportar em diversos formatos, o que facilita a reutilização e intercâmbio das ontologias), WebODE e OilEd⁵ (por

⁵ <http://www.xml.com/pub/t/861>

ser uma ferramenta mais simples, e por possuir um mecanismo de inferência de acesso mais fácil). A ferramenta OntoEdit, por mais que possua bons recursos, foi descartada por não ser livre.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de uma ontologia poderá melhorar a visualização e a recuperação da informação que contém diante de outros métodos para a representação da informação ou frente às tradicionais bases de dados e modelos de busca de informações e documentos digitais.

Vê-se uma proliferação de publicações e pesquisas referentes à construção, aplicação e avaliação de ontologias, nas diversas áreas do conhecimento. O que demonstra a crescente preocupação dos pesquisadores com a gestão do conhecimento e da documentação gerada.

O aproveitamento do conhecimento existente, como o CDCON, para a elaboração da ontologia facilita sua construção. É necessária uma especial atenção nas inferências, axiomas ou definições reutilizados, uma vez que estes podem afetar a consistência da ontologia.

A falta de um consenso quanto à metodologia e às ferramentas a serem utilizadas na construção de uma ontologia dificultam a tomada de decisão em projetos de ontologias. Enquanto as ontologias são citadas e recomendadas como organizadoras da informação, como instrumento que dá semântica aos conteúdos das áreas, suas metodologias e ferramentas desenvolvidas estão se tornando um conjunto de informações divergentes, são criados formatos que impossibilitam a interoperabilidade entre sistemas, atrapalhando o reuso e a disseminação das ontologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Sérgio R. L.; CHERIAF, Malik. Sistema de indexação e recuperação de informação em construção baseado em ontologia. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, **Anais...**, 2007, Porto Alegre, Brasil.

AMORIM, Sérgio R. L.; PEIXOTO, Lucia A. CDCON: classificação e terminologia para a construção. In: **Inovação Tecnológica na Construção Habitacional**. Editores Luis Carlos Bonin e Sérgio Roberto Leusin de Amorim. Coleção Habitare, vol. 6. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

BERNARAS, A., LARESGOITI, I., CORERA, J.: Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications. In: **Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence**, 1996.

BERNERS-LEE, T. ;HENDER, J. ;LASSILA, O. The semantic Web: a new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**, New York, may, 2001.

BORST, W. N. **Construction of engineering ontologies**. 1997. 243 f. Tese (Doutorado). – University of Twente, Enschede, 1997. Disponível em: <<http://doc.utwente.nl/fid/1392>> Acessado em 24/05/08.

CINTRA, M. A. H; DUARTE, A.C.L. Gestão do conhecimento voltado à construção civil: caracterização das pesquisas realizadas. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza. **Anais do XII ENTAC 2008**. Fortaleza, CE : ANTAC, 2008.

EUZENAT, J. Corporate memory through cooperative creation of knowledge bases and hyper-documents. In: **Proceedings of tenth knowledge acquisition for knowledge-based systems workshop**, 1996.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; PAZOS-SIERRA, A.; PAZOS-SIERRA, J. Building a Chemical Ontology Using METHONTOLOGY and the Ontology Design Environment. **IEEE Intelligent Systems & their applications**, p. 37-46, Jan./Feb. 1999.

FREITAS, M.C.D.; TSUNODA, Denise F.; MENDES JUNIOR, Ricardo; KEMCZINSK, Avanilde; KUNTZ, Viviane H. Web semântica e ontologias aplicada a tecnologia da informação na construção civil. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008, Fortaleza. **Anais do XII ENTAC 2008**. Fortaleza, CE : ANTAC, 2008.

GÓMEZ-PÉREZ, A. A Framework to Verify Knowledge Sharing Technology. **Expert Systems with Application**, vol.11, n.4, 519-529, 1996.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; BENJAMINS V.R. Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods. In: **International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-99)**, Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), Stockholm, Sweden, 1999.

GONÇALVES, Júlia A.; SOUZA, Renato A. Uma Proposta Taxonômica para o Estabelecimento de Relações em Ontologias: Contribuições da Ciência da Informação. In: VIII ENANCIB – Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação. Salvador/BA, Brasil. **Anais...** Outubro de 2007.

GRUBER, Thomas. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. In: **Formal Ontology In Conceptual Analysis And Knowledge Representation**. Padova, Italy. March 1993.

GRUNINGER, M.; LEE, J.: Ontology: Applications and Design. **Comm. of ACM**, vol. 45, num. 2, 39-41, 2002.

GRUNINGER, M.; FOX, M.S. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. In: Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI-95, Montreal. 1995.

GUARINO, Nicola. Formal Ontology and Information Systems. In: **Proceeding Of Fois'98**, Trento, Italy. Amsterdam, IOS Press, pp. 3-15. June 1998

KHOO, C. S. G.; NA, Jin-Cheon. Semantic relations in Information Science. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 40, p. 157-228, 2006.

KIETZ, J.; MAEDCHE, A.; VOLZ, R. A Method for Semi-Automatic Ontology Acquisition from a Corporate Intranet. In: **Proceedings of the ekaw'2000 workshop on ontologies and texts**. v. 51, 2000.

LACY, Lee W. **OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language**, Canadá: Trafford, 2005.

MIZOGUCHI, R.; IKEDA, M.: Towards Ontology Engineering, **Technical Report AI-TR-96-1**, I.S.I.R., Osaka University, 1996.

NOY, Natalya F., MCGUINNESS, Deborah L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**. Stanford University, Stanford, 2001.

RABELO, Patrícia F. R.; AMORIM, Sérgio R. L. ONTOARQ – Ontologia para arquitetura, engenharia e construção: Visualização e gerenciamento na web. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, **Anais...**, 2007, Porto Alegre, Brasil.

SAYÃO, L. F. Modelos teóricos em Ciência da Informação: abstração e método científico. **Ciência da Informação**, Brasília: UnB, v. 30, n. 1, p. 82-91, jan./abr. 2001.

STAAB, S. et al. Knowledge Processes and Ontologies. **Intelligent systems**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE, v. 16, n. 1, p. 26-34, jan/feb 2001.

SWARTOUT, B. et al. Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies. In: **Proc. of aaai97 spring symposium series workshop on ontological engineering**. AAAI Press, p. 138-148, 1997.

USCHOLD, M.; KING, M. Building Ontologies: Towards a Unified Methodology. In: **16th annual conf. of the british computer society specialist group on expert systems**. Cambridge, UK, 1996.

W3C. **OWL: Web Ontology Language Overview**. MCGUINNESS, Deborah .L.; HARMELEN, Frank van (editores). 2004.

AGRADECIMENTOS

À Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado.

OFICINA VIRTUAL DE COMPETÊNCIAS DIDÁTICAS

Maria Aridenise Macena Fontenelle (1); Luiz Fernando M. Heineck (2)

(1) UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, e-mail: aridenise@ufscar.br

(2) UFC – Universidade Federal do Ceará, e-mail: freitas8@terra.com.br

Resumo

Esta pesquisa visa definir as competências didáticas requeridas aos gerentes de obras que atuam na função de orientador da tarefa segura no ambiente de trabalho, com vistas a propor um modelo de oficina virtual para desenvolver competências didáticas com engenheiros de obras e técnicos de segurança do trabalho. A seleção das competências requeridas do gerente de obras que atua como educador e a aplicação do modelo de desenvolvimento de competências pedagógicas dos profissionais citados proposto na metodologia, foram realizados através de uma oficina virtual utilizando o cadinet, ambiente de aprendizagem colaborativa, com sete engenheiros e um técnico de segurança do trabalho de cinco construtoras certificadas ou em processo de certificação em ISO 9000 e/ou PBQPH – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat. A definição das competências consistiu na disponibilização de uma lista de conhecimentos, habilidades e atitudes de uma pesquisa realizada no Paraná para definição das competências do gerente de obras na oficina virtual. Os participantes selecionaram os itens requeridos às competências pedagógicas e hierarquizaram os mesmos. O referido estudo evidenciou que o conhecimento é considerado o elemento fundamental, pois foi o item que individualmente recebeu a maior quantidade de votos. Entretanto analisando o número de votos total, esse fator representa apenas 10% dos componentes da competência. Pode-se afirmar que as habilidades e as atitudes além de representarem um percentual superior 50 e 40% respectivamente, também apresentaram valores mais equilibrados. No caso das competências didáticas dos engenheiros de obras e técnicos de segurança do trabalho foi constatado, nesta pesquisa que as habilidades e atitudes superaram o conhecimento. A avaliação da pesquisa foi realizada considerando a participação dos alunos na oficina, de conteúdo e da oficina pelos participantes. Neste processo foi constatado que a interação entre os participantes da mesma empresa foi satisfatória, uma vez que as atividades do diagnóstico do treinamento e elaboração da tarefa segura foram realizadas por construtora. Entretanto, a interação entre os participantes de construtoras distintas não foi evidenciada. Isso aconteceu sobretudo, devido a ausência de atividades que favorecessem este tipo de intercâmbio. Outro fator que afetou pode ter sido o receio de troca entre os concorrentes. O resultado geral da avaliação da oficina virtual apresentou como melhor e pior nota o item avaliação do facilitador e auto-avaliação respectivamente.

Palavras-chave: Competência, aprendizagem a distância, oficina virtual.

1. INTRODUÇÃO

Um estudo realizado com empresas de pequeno porte por LINGARD e HOLMES (2001), na Austrália, para identificar os fatores que facilitam e dificultam a implementação de medidas de controle de risco na obra, identificou educação e treinamento como fator facilitador de controle de doenças ocupacionais, tendo sido este aspecto apontado por metade dos participantes da referida pesquisa.

Embora o treinamento da mão-de-obra de uma empresa construtora repercuta sobre todo o seu processo construtivo, reduzindo desperdícios por retrabalho e por consumo exagerado de

materiais, redundando em uma maior produtividade, com melhor qualidade e menores riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores nos canteiros de obra, na construção civil, a quantidade de operários treinados é relativamente pequena.

Considerando as filosofias modernas de gestão, os processos de certificação em ISO, no caso específico da construção, PPQPH – Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade no Habitat -, pode-se afirmar que existe uma exigência de competência didática dos gerentes, uma vez que os mesmos atuarão como formadores, seja em treinamentos de natureza atitudinal e comportamental, seja em formação e atualização para tarefas específicas.

Diante do exposto, a principal questão desta pesquisa é como desenvolver competências pedagógicas dos gerentes de obras e técnicos de segurança do trabalho?

2. ABORDAGEM CONCEITUAL

2.1. Competência e a função pedagógica do gerente

A definição de competência envolve características que diferenciam das clássicas noções de qualificação ou atitudes. Em essência, para CARRÉ e GASPAR (1999), estas características levam a uma definição de que a competência permite agir e/ou resolver problemas profissionais de maneira satisfatória em um contexto particular, mediante a mobilização de diversas capacidades de maneira integrada.

Apesar das diversas abordagens atualmente apresentadas acerca deste tema por MONTMOLLIN (1984), LEPLAT (1991) e LE BOTERF (1999) (2000) a já tradicional três dimensões da competência constituem seus elementos fundamentais, conforme mostra a quadro 1.

Dimensões da competência	Elementos fundamentais	Desdobramento dos elementos fundamentais
saber	conhecimentos	Conhecimentos do ambiente Conhecimentos teóricos e conceituais Conhecimentos operacionais
saber-fazer	habilidades	Experiência profissional associada
saber ser	atitudes	Atributos profissionais (Tácitos) Atributos pessoais

Quadro 1 - Dimensões, classificações e conceito da competência -Fonte: Adaptada de LEBOTERF (2000) e Ruas (1999)

CAMPBELL (2000) considera atividades de planejamento e controle de obras, preparação de programas de trabalho, subcontratação de trabalhos, instrução sobre as tarefas (treinamento/orientação), controle de qualidade, planejamento e organização do material e projetos quando necessário como as competências requeridas ao gerente da construção.

Sendo a instrução sobre as tarefas (treinamento/orientação) uma das competências do gerente, faz-se necessário pois o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes pedagógicas para que o mesmo possa desempenhar este papel a contento.

A aquisição do saber e do saber-fazer pode facilitar as relações entre quem ensina e quem aprende, enriquecendo a organização, mas não modificará a motivação e os valores do aprendiz.

Assim, na tarefa do formador, a competência fica estabelecida quando o educador conhece profundamente o conteúdo a ser transmitido e a melhor forma do educando apreendê-lo. A competência é, sem dúvida, o resultado da experiência.

Em uma situação de ensino-aprendizagem ocorrem complexas interações, segundo PASTIAUX (2000). O papel da pedagogia e da didática é de dominar estas interações, prevendo-as e regulando-as para que elas sejam o mais eficaz possível.

2.2. Modelos de formação profissional na construção civil utilizando a internet

Para entender o estágio atual da situação e propor um modelo que contemplasse a realidade existente, foi realizado um estudo a respeito dos modelos de formação profissional da construção civil em nível nacional que utilizaram a internet como principal meio.

WEB-PCO 99

Trata-se de curso de planejamento e controle de obras denominado – WEB-PCO-, que trabalha com aulas desenvolvidas em hipertexto, estudos de caso, acompanhadas de desenhos e fotos, ou ainda, havendo apresentação de problemas no espaço tridimensional com auxílio de imagens, som, animação, simulações e vídeo.

FREITAS (1999) explica que esta experiência de ensino virtual, utilizando a tecnologia WEB, aplicou conhecimentos ergonômicos no desenvolvimento da interface e preceitos pedagógicas adequados à qualificação profissional da área de Construção Civil, a nível de educação continuada, visando responder às necessidades da indústria da construção civil.

MEAS

Trata-se de um modelo de ensino-aprendizagem semipresencial MEAS para o ensino de graduação pela internet. A metodologia adotada incluiu a concepção, o desenvolvimento, o gerenciamento e utilização do modelo.

O MEAS foi aplicada no Programa experimental de Ensino de Graduação pela Internet, do Laboratório de Sistema de Apoio à Decisão da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e na disciplina de Construção civil I da Universidade de Fortaleza – UNIFOR.

Diante do exposto, percebe-se que as experiências em EAD na construção civil são recentes e utilizam a internet como principal meio. Esta tecnologia vem sendo utilizada sobretudo para aumentar a flexibilidade de tempo do profissional que necessita está se atualizando com frequência, podendo inclusive utilizar o ambiente de trabalho.

Leitura e interpretação de plantas via Internet

CATTANI (2001) explica que trata-se de uma implementação de um experimento informático/telemático destinado à capacitação de trabalhadores da construção civil em leitura e interpretação de plantas arquitetônicas.

A experiência foi realizada na UFRGS, no primeiro semestre de 2001, com trabalhadores da construção civil desempregados, recrutados junto ao Serviço Nacional de Emprego (SINE).

O material didático desenvolvido para o curso ministrado pela Internet foi uma significativa contribuição, sobretudo se considerar a carência de material na área de leitura de plantas para formação do trabalhador da construção civil. Entretanto, o meio utilizado, a Internet, é questionável quando considerado o público, que carece de alfabetização, embora se reconheça que a informática seja um elemento facilitador para trabalhar o conteúdo em questão.

Diante do exposto, percebe-se que as experiências em EAD na construção civil são recentes e utilizam a Internet como principal meio. Esta tecnologia vem sendo utilizada sobretudo para aumentar a

flexibilidade de tempo do profissional que necessita estar se atualizando com frequência, podendo inclusive utilizar o ambiente de trabalho.

3. AVALIAÇÃO GERAL DA DEFINIÇÃO DAS COMPETÊNCIAS DIDÁTICAS

A definição das competências didáticas requeridas para cada empresa participante da oficina virtual foi realizada a partir da seleção e hierarquização da listagem fornecida contendo conhecimentos, habilidade e atitudes elaborados pelos participantes do grupo de trabalho da Gestão e Economia da Associação de Tecnologia no Ambiente Construído, sobre as competências do gerente da construção civil através do método Delphi (VIDOTTO, 2003).

Participaram desta definição cinco construtoras, sete engenheiros e um técnico de segurança do trabalho. Esses participantes selecionaram os itens requeridos às competências pedagógicas e hierarquizaram os mesmos. O referido estudo evidenciou que o conhecimento é considerado o elemento fundamental, pois foi o item que individualmente recebeu a maior quantidade de votos. Entretanto analisando o número de votos total, esse fator representa apenas 10% dos componentes da competência. Pode-se afirmar que as habilidades e as atitudes além de representarem um percentual superior 50 e 40% respectivamente, também apresentaram valores mais equilibrados. No caso das competências didáticas dos engenheiros de obras e técnicos de segurança do trabalho foi constatado, nesta pesquisa que as habilidades e atitudes superaram o conhecimento.

4. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa utilizada nesse estudo fundamentou-se em uma metodologia qualitativa, de caráter descritivo (Pettigrew, 1987) e, de cunho exploratório, (Kimberley *et al.*, 1987; Salama, 1992), através da pesquisa-ação (Susman e Evered, 1978).

Nesta pesquisa a metodologia utilizada foi caracterizada por:

1. Estudo do estado da situação nas três vertentes teóricas: competências, educação a distância e modelos de formação profissional na construção civil utilizando internet para onde converge o desenvolvimento do modelo de formação;
2. Entendimento do processo de treinamento admissional exigido pela NR18 e dos procedimentos de execução exigido pela ISO 9000 e PBQP-H praticado pelos participantes da oficina virtual;
3. Desenvolvimento de competência didática dos gerentes de obras e técnicos de segurança do trabalho, através de curso pela internet – utilizando ambiente de aprendizagem colaborativa CADINET.
4. Avaliação da aprendizagem dos gerentes de obras e técnicos de segurança do trabalho com base nos planos de orientação na tarefa segura desenvolvido pelo engenheiro e técnico de segurança;

O modelo de formação proposto compõe-se em quatro etapas segundo esquematiza a figura 1.

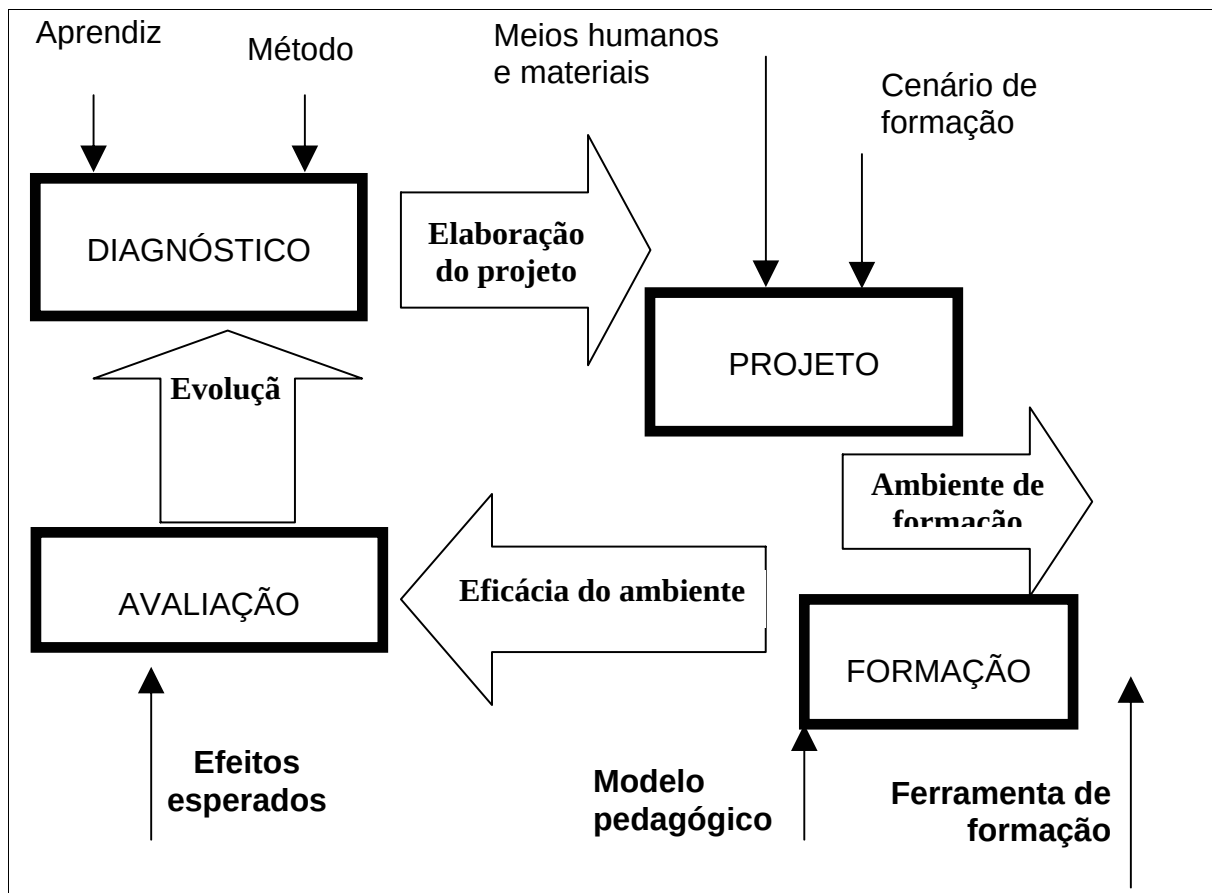


Figura 1 – Modelo proposto de desenvolvimento de competência de gerentes de obras e técnicos de segurança do trabalho

5. APLICAÇÃO DO MODELO – OFICINA VIRTUAL

A aplicação do modelo de desenvolvimento de competências pedagógicas dos gerentes de obras e técnicos de segurança do trabalho proposto na metodologia, foi realizado com sete engenheiros um técnico de segurança do trabalho de cinco contrutoras cearense certificadas ou em processo de certificação em ISO 9000 e/ou PBQP-H, numa oficina virtual sobre desenvolvimento de competências pedagógicas.

Na fase de diagnóstico os gerentes de obras e técnicos de segurança participantes da oficina virtual descreveram o processo de treinamento utilizado nos procedimentos de execução exigidos pela certificação (ISO 9000 e PBQP-H) e de segurança do trabalho obrigatório segundo a NR18, conforme solicitado pelo facilitador. O resultado do diagnóstico realizado forneceu os parâmetros para a elaboração do projeto de formação.

Os participantes da oficina virtual utilizavam e-mail diariamente, e alguns deles já haviam participado de curso pela internet. Entretanto algumas dificuldades com a tecnologia foram identificadas e solucionadas pelo facilitador durante a oficina.

Na fase de projeto foi elaborado um plano de trabalho da oficina, que foi intensamente utilizado durante o processo por conter as informações detalhadas sobre o funcionamento da oficina.

Por se tratar de uma oficina, o material didático utilizado foi apenas o mínimo necessário para subsidiar a realização das atividades solicitadas aos participantes.

Optou-se por textos publicados em congressos recentes da área referente a aplicações em treinamento com trabalhadores e disponibilização de ferramentas pedagógicas utilizadas por pesquisadores em aplicações práticas.

Foram elaboradas atividades para serem realizadas pelos participantes considerando os temas abordados nas discussões, no material didático disponibilizado e sobretudo a experiência do participante na área de treinamento de pessoal.

A execução do plano de formação, utilizando o CADINET considerou os objetivos, conteúdos e modelo pedagógico implementado.

Na etapa de formação aconteceram intervenções pedagógicas do facilitador, dinâmicas de motivação, regras gerais de funcionamento da oficina *online*, avisos relativos ao bom andamento da oficina, textos que tiram dúvidas mais frequentes dos participantes.

Os principais aspectos do processo de formação foram realizados através de: mensagens de orientação que antecederam a oficina, apresentação do facilitador e abertura da oficina, apresentação e expectativa dos participantes, orientação didática do facilitador da oficina, interação no fórum, síntese da semana, dúvidas, discussões no fórum e encerramento da oficina.

6. RESULTADOS DA OFICINA VIRTUAL

Os resultados da oficina virtual Desenvolvimento de Competências Didáticas de Gerentes de Obras e Técnicos de Segurança do Trabalho é apresentado, sob três pontos de vista: a avaliação global da participação dos alunos na oficina, da oficina pelos participantes e de conteúdo.

6.1. Participação no CadiNet

Dos 15 inscritos oficialmente, 8 pessoas de 5 construtoras enviaram algum trabalho ou mensagem para o CadiNet. Este número foi utilizado como referência nas avaliações, uma vez que 50% dos inscritos não participaram de nenhuma atividade da oficina.

Todos os participantes enviaram as três atividades solicitadas durante a oficina, entretanto dois engenheiros de uma mesma empresa enviaram a primeira atividade por e-mail. Isto demonstra dificuldade de envio através do CADINET. Além disso, o prazo de todas as atividades solicitadas foram prorrogados em virtude de problemas com a internet na universidade, e sobretudo por solicitação dos participantes.

O número total de mensagens enviadas ao fórum foi de 134, sendo 59 tópicos (mensagens originais) e 75 respostas (mensagens em resposta às originais ou a outras respostas). Isto significa uma média de 6,7 mensagens enviadas diariamente.

Das 134 mensagens do fórum, 46 foram enviadas pelos participantes e 88 pelo facilitador.

Analisando o acesso ao curso virtual teve-se uma média diária de 2,5 acessos ao CADINET, de 2 ao fórum e de 1,1 de mensagens enviadas. Isto significa que o comportamento dos participantes limitava-se a receber tarefas e executar, uma vez que o número de mensagens enviadas foi da ordem de 50% inferior ao número de acessos ao CADINET.

O gráfico 1 mostra que o acesso ao CADINET ao longo da semana foi bem distribuído e que um número significativo de acessos acontecia no fim de semana 8%. Podendo-se afirmar que o acesso ocorria predominantemente nos dias úteis.

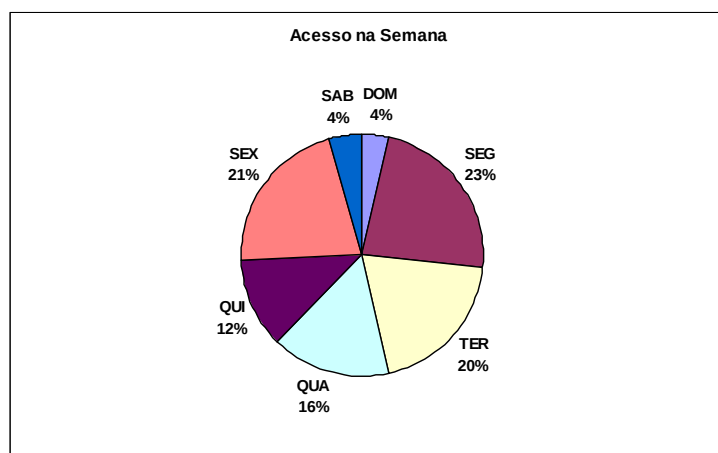


Gráfico 1 - Acesso ao CADINET ao longo da semana

O gráfico 2 mostra que o acesso ao CADINET acontecia fundamentalmente ao longo do dia, podendo-se afirmar que os usuários participavam da oficina no horário comercial.

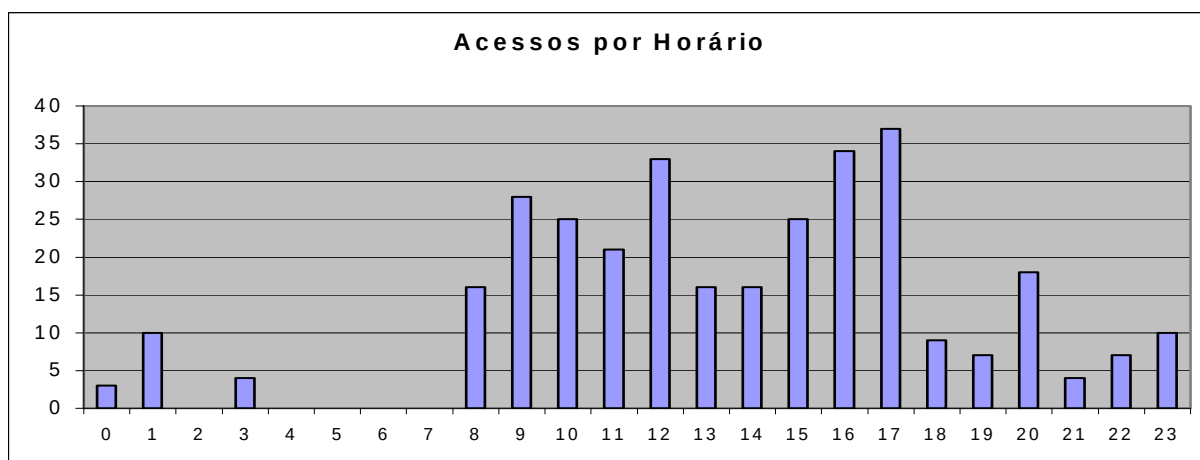


Gráfico 2 – Distribuição dos acessos ao longo do dia

6.2. Avaliação da oficina pelo participante

O resultado geral da avaliação da oficina virtual realizada por metade dos participantes que enviaram o formulário de avaliação da oficina foi satisfatório, tendo como melhor nota o item avaliação do facilitador e pior nota a auto-avaliação, conforme pode ser visto na tabela 1.

Tópicos avaliados	Média	Nota máxima
Contexto de utilização do CadiNet	3,90	5
Organização didática da oficina	3,68	5
Auto-avaliação	3,30	5
Avaliação do facilitador	4,39	5

Tabela 1 – Resultado da avaliação da oficina virtual

6.3. Avaliação do conteúdo

Avaliação do processo de treinamento

Cinco construtoras explicitaram o processo utilizado para treinamento, que serão denominadas no texto de empresas A, B, C, D e E.

Nem todos participantes evidenciaram o treinamento operacional e em segurança, mas nenhum afirmou que pratica os dois de forma integrada, como mostra o exemplo citado a seguir

- *Integração na Política da Qualidade da empresa;*
- *Integração com os Assuntos exigidos pela NR 18;*
- *Treinamento na Instrução de Trabalho do Serviço o qual ele irá executar.*

Empresa B

Dois participantes afirmaram que o funcionário assina termo de responsabilidade após treinamento e recebimento do EPI, comprometendo-se em utilizá-los e conservá-los para posterior devolução ao departamento de segurança do trabalho.

Algumas colocações relevantes foram realizadas nos relatos:

" O conteúdo do programa de treinamento introdutório e sua duração dependem da experiência e do conhecimento do novo funcionário"

Empresa C

Esta afirmação aponta para a necessidade de se trabalhar um treinamento personalizado em função das necessidades do treinando. As dificuldades e facilidades apresentadas pela empresa A são compatíveis com este tipo de abordagem.

"Ao se treinar um grupo misto o assunto muitas vezes deverá ser global. Torna mais prático treinar grupo específico, pois abordaremos diretamente os problemas do setor ou função."

Foi citado por exemplo o treinamento relâmpago, como uma alternativa utilizada por uma das construtoras.

Avaliação do plano de orientação na tarefa segura

Oito participantes de cinco construtoras enviaram o plano de orientação na tarefa segura. uma

das empresas participantes enviou um material que não apresenta explicitamente os elementos solicitados na atividade, por isso, foi excluída desta avaliação. de acordo com as orientações da atividade, foi solicitado um plano contendo os seguintes componentes: nome da tarefa a ser treinada nas áreas de estrutura e revestimento; objetivo do treinamento; a definição de quem seria treinado (indivíduo ou grupo); definição das competências requeridas do treinador; metodologia, ferramentas pedagógicas, recursos necessários, horário e local; e resultados esperados.

Os processo construtivos selecionadas para elaborar o plano de orientação foram: manutenção de fachadas de edifícios com cadeira suspensa, concretagem de peças estruturais, revestimento de paredes internas (reboco/emboço) e estruturas de concreto armado (forma, armadura, concreto) e revestimento de paredes;

Duas empresas apresentaram informações sobre aspectos pedagógicos, uma foi o plano de aula e a outra regras para utilizar recurso visuais e atitudes do instrutor. Isto é útil para cursos convencionais ministrados em salas de aula com retroprojeto para um grupo. Apesar de ter sido apresentado alternativas de orientação individual no trabalho, elas não foram utilizadas por nenhuma das construtoras. Este tipo de solução é importante porque as necessidades de aprendizagem podem divergir num grupo, sobretudo em grupos heterogêneos como o de estrutura que envolve o pessoal de apoio, carpinteiros, ferreiro, pedreiro, servente, mestre.

Nenhuma empresa enviou todos os elementos solicitados do plano de orientação na tarefa segura, entretanto uma delas enviou informações sobre o processo de avaliação, apesar de não ter sido explicitamente solicitado.

Uma parte significativa de organizações ignorou os aspectos de segurança no treinamento, apesar de se tratar de orientação numa tarefa segura. Além disso, uso de uma equipe heterogênea para realizar o treinamento não foi sugerido por nenhuma das participantes. Provavelmente a não definição das competências requeridas por nenhuma das construtoras afetou neste tipo de decisão.

Os participantes demonstraram uma noção parcial de conhecimentos pedagógicos na elaboração do plano de orientação na tarefa segura, uma vez que nenhuma empresa apresentou todos os elementos solicitados para o plano.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivo maior desta pesquisa foi atingido através da realização da oficina virtual com gerentes de obras e técnicos de segurança que possibilitou demonstrar que é possível trabalhar o desenvolvimento de competências pedagógicas destes atores.

Neste processo foi constatado que a interação entre os participantes da mesma empresa foi satisfatório, uma vez que as atividades do diagnóstico do treinamento e elaboração da tarefa segura foram realizadas por construtora. Entretanto, a interação entre os participantes de construtoras distintas não foi evidenciada. Isso aconteceu sobretudo, devido a ausência de atividades que favorecessem este tipo de intercâmbio. Outro fator que afetou pode ter sido o receio de troca entre concorrentes.

Apesar de ter sido disponibilizado uma quantidade significativa de material didático, o uso dos conhecimentos obtidos a partir destes pelos participantes nas atividades solicitadas foi desprezível. Isto sugere da dificuldade de comunicação entre academia e o setor produtivo. Cabe salientar que na seleção do material o critério utilizado foram artigos publicados em anais de congressos na área de gerenciamento da construção resultante de aplicação com o mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

CATTANI, A. Qualificação de trabalhadores da construção civil em leitura e interpretação de plantas via internet. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2001, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: ANTAC, 2001. 1 p. 86-96.

_____. **Recursos informáticos e telemáticos como suporte para formação e qualificação de trabalhadores da construção civil**. 2001, 249p. Tese (Doutorado em Informática na Educação). Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

CARRÉ, Philippe; GASPAR, Pierre. **Traité des sciences et des techniques de la formation**. Paris: Dunod, 1999.

FRASER, Campebell. The influence of personal characteristics on effectiveness of construction site managers. **Construction Management and Economics** (2000) 18, 29-36.

FREITAS, M.C. **O uso da internet para educação continuada**: uma experiência para fomentar parcerias entre universidades e empresas. In: cooperação para o fortalecimento recíproco. Novos Documentos Universitários. Série Interação Universidade - Empresa Nº 1. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1999.

KEMCZINSKI, Avaniide. **Ensino de graduação pela Internet: um modelo de ensino-aprendizagem semi-presencial**. 2000, 95p. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC. Florianópolis, 2000.

KIMBERLY, J. ; ROTTMAN, D. - Environment, organization e effectiveness: a biographical approach. **Journal of Management Studies**, v. 24, n. 6, Nov., 1987;

LE BOTERF, Guy Le. **L'ingénierie des Compétences**. 2ème. Édition. Paris: Éditions d'Organization, 2000.

LEPLAT, J. Competence et ergonomie, In: **Modèles en analyse du travail**, Mardago, Liège, 1991. p.263 a 278.

LINGARD, H. and HOLMES N. Understandings of occupational health and safety risk control in small business construction firms: barriers to implementing technological controls. In: **Construction Management And Economics**. UK, 19, 217-226, 2001.

MONTMOLLIN, Maurice. **L'intelligence de la tâche. Éléments d'ergonomie cognitive**. Berne: Peter Lang, 1984.

PETTIGREW, A . Context and action in the transformation of the firm. **Journal of Management Studies**, v.24, n.6, p. 649-670, 1987.

SALAMA, A. - **Managing education and development**. V. 23, p.3, p.p. 225-233, 1992.

VIDOTTO, Lisiane Soldateli; SANTOS, Agnaldo dos. **Avaliação das competências do gerente de obras: ênfase no conhecimento percebido**. São Carlos, 2003. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. **Anais**. 1 CD.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Fortaleza pelo apoio institucional.

Aos engenheiros e técnicos de segurança do trabalho participantes da pesquisa.

TIC NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

Maria Aparecida Steinherz Hippert(1); Sérgio Roberto Leusin de Amorim(2); Suellen da Silva Monteiro Lima(3); Camila Maria Oliveira Silva(4)

- (1) Universidade Federal de Juiz de Fora, e-mail: aparecida.hippert@ufjf.edu.br
(2) Universidade Federal Fluminense, e-mail: sergio.leusin@gmail.com
(3) Universidade Federal de Juiz de Fora, e-mail: suellensussu@gmail.com
(4) Universidade Federal de Juiz de Fora, e-mail: camila.engenharia@yahoo.com.br

Resumo

Os recentes avanços que vêm ocorrendo no campo das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) com a utilização de sistemas informatizados para processamento, arquivamento e comunicação de dados, tornaram-se elementos essenciais na formulação das estratégias competitivas das empresas. Com o intuito de traçar um panorama sobre os estudos que vem sendo desenvolvidos pelos pesquisadores brasileiros na área de Tecnologia de Informação e Comunicação aplicadas ao setor de AEC, bem como identificar perspectivas futuras de desenvolvimento para esta área de conhecimento é que se apresenta o presente trabalho. Este artigo apresenta um diagnóstico sobre a produção científica de Tecnologia de Informação e Comunicação aplicada à construção civil, nos últimos anos, no Brasil. A metodologia utilizada está baseada nos estudos anteriormente desenvolvidos por Cintra e Duarte (2008) e Pithan et al. (2005). Foram analisados os artigos referentes à tecnologia de informação e comunicação publicados nos eventos nacionais: ENTAC (Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído) e TIC (Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil), realizados no período de 1993 a 2008. Os artigos selecionados foram classificados segundo o ano de publicação, vinculação dos autores e tema. Os resultados obtidos permitem que se conheçam os indicadores da produção científica nesta área de conhecimento e servem para subsidiar avaliações sobre a qualidade da pesquisa na referida temática e mesmo para apoiar o estabelecimento de um cenário futuro para o desenvolvimento de novas pesquisas.

Palavras-chave: TIC, produção científica, construção civil.

1. INTRODUÇÃO

As TIC, fazendo uso de microcomputadores, vêm fornecendo uma nova infra-estrutura para o desenvolvimento das atividades de produção e de comunicação de uma empresa, levando, de maneira, a mudanças no processo de trabalho.

Dentre os avanços ocorridos nesta área destaca-se a Internet, a rede mundial de computadores, que permitiu a criação de trabalhos em rede interna na empresa ou entre grupo de empresas. Estes trabalhos são realizados com o uso de ferramentas que podem permitir o acesso remoto a arquivos, a troca eletrônica de mensagens e de arquivos de texto e dados, a participação em listas de discussões e a organização de fóruns ou salas de bate-papo através de comunicação síncrona ou assíncrona. O desenvolvimento das TIC permitiu ainda o aparecimento dos PDA's (computadores de mão), que utilizam a Internet móvel e tecnologia *wireless*, e mudanças nas transações comerciais que passaram a ocorrer de forma on-line (TANG et al., 2001). Entre outros aspectos, estas novas tecnologias alteraram profundamente a forma e o alcance espacial e temporal da comunicação. Isto se refletiu em novas possibilidades de organização do trabalho, como as estruturas colaborativas em tempo real.

Na área acadêmica, os estudos voltados às TIC estão avançados e incluem, por exemplo, as tecnologias CAD-4D (CAD-3D com a inserção do tempo), edifícios virtuais, aplicações de inteligência artificial, lógica *fuzzy*, redes neurais e realidade virtual. Em que pese os trabalhos desenvolvidos nesta área, Nascimento e Santos (2002) afirmam que “há um enorme abismo entre os resultados científicos já alcançados e sua efetiva adoção comercial”. Além do que, o impacto da TI na construção civil “ao longo das últimas décadas tem sido mais lento e menor do que se esperava, principalmente por deficiências na gestão de processos” (ANTAC, 2002).

De acordo com o relatório da ANTAC (2002), os principais impactos esperados para a utilização da TIC são os seguintes:

“uso de extranets para o gerenciamento de projetos (...), desenvolvimento de sistemas computacionais para gestão que integrem diferentes processos gerenciais (por exemplo, planejamento, projeto, orçamento, etc); uso de sensores e hardware portátil para monitoramento e controle gerencial e tecnológico; (...)”.

Entretanto, para que ocorra a integração entre aplicativos diversos, faz-se necessária a padronização e normatização da linguagem, apresentada como uma evolução natural no desenvolvimento informatizado de projetos e empreendimentos.

Jacoski e Lamberts (2002) afirmam que:

“a possibilidade de virtualização de processos da indústria da construção requer necessariamente a resolução de problemas estruturais, como a padronização de especificações, terminologias comuns e a interoperabilidade entre softwares”.

Neste sentido, alguns trabalhos vem sendo realizados e coordenados em nível internacional pela IAI – *International Alliance for Interoperability*. Este é um organismo sem fins lucrativos cuja missão é definir, publicar e promover especificações para classes de objetos da indústria da construção. O IAI foi o organismo criador do padrão de arquivos IFC – *Industry Foundation Classes* com o desenvolvimento paralelo de documentos padronizados para os processos de construção em linguagem XML. O IFC é um modelo de arquivo descritivo do edifício, baseado na norma STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data* – ISO 10303) que tem como um de seus objetivos a criação de um modelo do produto de forma a possibilitar a troca de dados, através de um sistema neutro.

O IFC e XML ainda necessitam de uma terminologia de referência, com um relacionamento entre termos bem estabelecido, ou seja, com uma correspondência entre objeto e termo. “Através do IFC e dos padrões para XML, pretende-se chegar a uma absoluta capacidade de troca e compartilhamento de dados, de modo que diferentes sistemas consigam extrair informações das mesmas bases” (AMORIM *et al.*, 2001).

Amorim *et al.* (2001) argumentam que uma grande dificuldade está sendo encontrada para a plena aceitação destes padrões no Brasil. Isto porque todo o trabalho até agora realizado foi desenvolvido e conceituado na língua inglesa, necessitando ser traduzido e adaptado de forma a refletir os conceitos em uso nos nossos processos. Não se trata apenas de diferenças de significados, mas inclui as diferenças de organização, cultura, etc.

Percebe-se que as inovações decorrentes destas novas tecnologias impactam profundamente toda a cadeia produtiva e exigem grandes esforços de pesquisa para seu pleno aproveitamento, assim como no ajuste do sistema de formação e na atualização profissional. Daí a importância de verificar se os investimentos atuais correspondem às necessidades do setor, no nosso país.

Com o objetivo de traçar um panorama atual da produção científica sobre TIC voltadas à construção civil, no Brasil, bem como identificar perspectivas futuras é que se apresenta este

artigo. Trabalhos semelhantes a este foram apresentados por Cintra e Duarte (2008), Pithan et al. (2005) e Marchiori e Souza (2005). O primeiro analisou a área de Gestão do Conhecimento, o segundo a área de Gestão e Economia da Construção enquanto o último abordou as publicações referentes a Custos e Orçamentos.

No Brasil, os trabalhos sobre TIC na construção podem ser identificados principalmente em em dois eventos nacionais promovidos pela Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC): o Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC) e o Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção (TIC). Estes são eventos bi-anuais e intercalados. A primeira edição do ENTAC, cujos trabalhos completos passaram a ser publicados em anais, data de 1993. Já o TIC é um evento mais recente sendo sua primeira edição realizada em 2002.

Este artigo apresenta um levantamento realizado para o período de 1993 a 2008 contemplando as oito edições do ENTAC (1993 – São Paulo; 1995 – Rio de Janeiro; 1998 – Florianópolis; 2000 – Salvador; 2002 – Foz do Iguaçu; 2004 – São Paulo; 2006 – Florianópolis; 2008 – Fortaleza) e as três edições do TIC (2002 – Curitiba; 2005 – São Paulo; 2007 – Porto Alegre). Segundo Mueller (2005 *apud* Pithan et al., 2005), os autores brasileiros da área de Engenharia Civil publicam os resultados de suas pesquisas predominantemente em anais de eventos. Isto indica que é válida a realização do presente estudo a partir da análise das publicações em anais dos principais eventos realizados.

São apresentados os principais temas de pesquisa e a vinculação dos autores segundo a natureza do estudo. Os resultados obtidos servem para subsidiar avaliações sobre a qualidade da pesquisa na referida temática e mesmo para subsidiar o direcionamento para o desenvolvimento de novas pesquisas.

2. MÉTODO DE PESQUISA

Os dados sobre as publicações científicas brasileiras sobre TIC na construção civil, no período de 1993 a 2008, foram obtidos dos anais do ENTAC e TIC disponíveis nos CD-ROMs dos eventos.

Para o TIC foram considerados todos os trabalhos publicados nos seus eventos. No ENTAC, a maioria dos trabalhos sobre TIC se encontra na área de Gestão e Economia da Construção. Entretanto, devido à própria natureza sistêmica do conhecimento e muitas vezes a possibilidade de classificação do trabalho em mais de uma área levou os autores a pesquisarem artigos sobre o TIC em todo o evento. A definição da amostra partiu da leitura dos títulos dos artigos e desta forma, trabalhos sobre “simulação”, por exemplo, embora relativos à Área de Conforto Ambiental e Eficiência Energética caso apresentassem uma aplicação de TIC na edificação, foram considerados.

Na leitura dos títulos foram buscadas as palavras “tecnologia de informação” ou “sistema de informação” além de outras palavras que estivessem relacionadas a elas (gestão de informação, sistema de comunicação, sistemas computacionais, CAD, simulação, programa, programação, computador, informática, websites, ambiente colaborativo, extranet, comércio eletrônico, etc.). Caso houvesse dúvidas, por exemplo, se “Simulação” referia-se a “simulação física” ou “simulação computacional” foi feita a leitura do resumo e/ou texto, nesta ordem, de modo a sanar tal dificuldade.

Definida a amostra a ser considerada, foram levantadas as seguintes variáveis:

- Ano de publicação: ano de realização do evento;
- Nomes dos autores: foram considerados todos os autores dos artigos analisados;

- Vínculo institucional dos autores: coletado conforme indicado na publicação;
- Tema: foram adotados os temas presentes nos encontros do TIC, ou seja, TIC no desenvolvimento de projeto, TIC na gestão, TIC na edificação, TIC na comunidade técnica e Integração de Sistemas em AEC;

O tema **TIC no desenvolvimento de projeto** considera artigos que tratam do Desenvolvimento de projeto, engenharia simultânea; Planejamento e controle de projetos e Comunicação, coordenação, integração e compatibilização de projetos;

Já o tema **TIC na gestão** apresenta os artigos relacionados à Gestão do empreendimento; Apoio à execução da obra (TI no canteiro); Gestão da qualidade; Comercialização e Assistência técnica e atendimento a clientes;

Dentro do tema **TIC na edificação** estão os artigos que abordam questões como Automação predial, Gerenciamento de facilidades (*facilities management*), APO, e Simulação de produtos e processos;

O tema **TIC na comunidade técnica** apresenta trabalhos relacionados à Gestão do conhecimento, Gestão de competências e Educação;

Finalmente, o tema **Integração de Sistemas em AEC** apresenta os trabalhos relacionados à Interoperabilidade de dados; Modelagem de produto em AEC; Sistemas integrados e BIM/IFC.

Para a análise dos dados, os mesmos foram agrupados em função da variável de estudo de modo a verificar o seu comportamento ao longo do tempo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise geral ao longo dos anos

No período compreendido entre os anos de 1993 a 2008, observou-se, nos eventos considerados, a publicação de 185 artigos sobre o tema Tecnologia de Informação e Comunicação (Tabelas 1 a 3).

Alguns autores publicaram em mais de um evento, o que resultou em uma diferença no total de autores e de instituições conforme apresentado nas tabelas 1 e 2.

TIC	2002	2005	2007	Total
Número de Artigos no Evento	11	36	27	74
Número de Artigos TIC	11	36	27	74
Número de autores	18	75	53	127
Número de instituições	6	19	14	26

Tabela 1 – Publicações ao longo das edições do TIC

ENTAC	1993	1995	1998	2000	2002	2004	2006	2008	Total
Número de Artigos no Evento	99	123	207	370	326	460	488	368	2441
Número de Artigos TIC	4	4	12	11	14	27	27	12	111
Número de autores	7	7	22	24	33	68	71	37	229
Número de instituições	2	4	9	9	10	14	17	10	36

Tabela 2 – Publicações ao longo das edições do ENTAC

Evento	Artigos tema TIC	% da Amostra
TIC	74	40
ENTAC	111	60
Total	185	100

Tabela 3 – Publicações ao longo das edições do TIC e ENTAC

3.2. Temas e Instituições

A tabela 4 abaixo apresenta a classificação das publicações nos cinco temas apresentados no Método de Pesquisa. Nos encontros do TIC a maior parte dos trabalhos refere-se a aplicação das TIC no projeto (39%) seguida das TIC aplicadas na gestão (28%). Em menor escala aparecem as TIC voltadas à comunidade (7%).

Já no ENTAC a maioria dos trabalhos diz respeito à aplicação das TIC na edificação (35%) seguida do projeto (28%) e gestão (23%). Isto pode ser explicado devido a um maior número de trabalhos voltados à simulação de produtos e processos que foram classificados como TIC na edificação.

Evento/Tema	No projeto		Na gestão		Na edificação		Na comunidade		Sistemas		Total
	Artigos	%	Artigos	%	Artigos	%	Artigos	%	Artigos	%	Artigos
TIC 2002	5	45	4	36	1	9	1	9	0	0	11
2005	14	39	10	28	5	14	4	11	3	8	36
2007	10	37	7	26	3	11	0	0	7	26	27
Total TIC	29		21		9		5		10		74
%Total TIC		39		28		12		7		14	100
ENTAC 1993	0	0	0	0	3	75	0	0	1	25	4
1995	2	50	1	25	0	0	0	0	1	25	4
1998	5	42	4	33	2	17	0	0	1	8	12
2000	5	45	2	18	4	36	0	0	0	0	11
2002	1	7	8	57	5	36	0	0	0	0	14
2004	9	33	6	22	7	26	3	11	2	7	27
2006	8	30	3	11	13	48	2	7	1	4	27
2008	1	8	2	17	5	42	2	17	2	17	12
Tot ENTAC	31		26		39		7		8		111
%Tot ENTAC		28		23		35		6		7	100
Total Geral	60		47		48		12		18		185
%Tot Geral		32		25		26		6		10	100

Tabela 4 – Publicações conforme os Temas de Pesquisa

No cômputo geral, a maioria dos trabalhos focaram o “projeto” (32%) seguidos de “edificação” (26%) e “gestão” (26%). A menor participação foi das TIC na comunidade, que envolve trabalhos sobre Gestão do conhecimento, Gestão de competências e Educação. A pequena participação de trabalhos sobre Gestão do conhecimento já havia sido identificada no trabalho de Cintra e Duarte (2008). Embora “tecnologia” seja um dos elementos da gestão do conhecimento, capaz de fornecer os recursos necessários para criação, manutenção, etc, do conhecimento, se os trabalhos não apresentaram uma associação entre GC e TIC eles não foram considerados neste item. Competências e educação poderiam ser associado à Gestão de Recursos Humanos e apresentou um pequeno número de trabalhos, da mesma forma que o

levantamento realizado por Pithan *et al.*(2005), para a área de Gestão e Economia da Construção.

3.3. Autores e instituições

Na amostra de artigos analisados (185) foi identificada a participação de 327 autores filiados a 47 instituições. A incidência das instituições nos artigos analisados está apresentada nas tabelas 5, 6 e 7. A maioria das instituições localiza-se nas regiões sudeste e sul do país, confirmando o apontado por Pithan *et al.* (2005) para a área de Gestão e Economia da Construção.

Filiação dos autores TIC	Incidência nos artigos				
	2002	2005	2007	Total	%Total
UFPR	17	24	3	44	24
USP	4	17	14	35	19
UFRGS		9	11	20	11
UNICAMP		8	7	15	8
UFSC		8	5	13	7
UNOCHAPECÓ		1	7	8	4
UFF	1	2	3	6	3
UFMG		4	2	6	3
PUCPR	2	2		4	2
UFSCar		4		4	2
Demais instituições	2	12	11	25	16
Total	26	91	63	180	100

Tabela 5 – Filiação dos autores que publicaram no TIC

Filiação dos autores	Incidência nos artigos									
ENTAC	1993	1995	1998	2000	2002	2004	2006	2008	Total	% Total
UFSC	8		5	6	8	1	18	7	53	18
UFRGS		3	9	2	4	17	3	3	41	14
USP	1	2		6	2	20	5	1	37	13
UFPR		1	1			9	17	8	36	12
UFMG						4	9	3	16	5
UNICAMP						11		1	12	4
UFRJ		1	4	3		3			11	4
UPF							4	6	10	3
UFPA				1	6				7	2
UFJF			1		4	1			6	2
UFPE								6	6	2
Demais instituições	0	0	5	6	10	16	21	4	62	20
Total	9	7	25	24	34	82	77	39	297	100

Tabela 6 – Filiação dos autores que publicaram no ENTAC

Juntas, a UFPR, a USP e a UFRGS respondem por mais de 50% das publicações dos encontros do TIC (Tabela 5). Este quadro muda levemente com a inclusão da UFSC quando se analisa o ENTAC (Tabela 6). No conjunto estas quatro instituições respondem por 59% das publicações na área de TIC nos eventos analisados (Tabela 7).

Filiação dos autores	Incidência nos antigos			
	TIC	ENTAC	Total	% Total
UFPR	44	36	80	17
USP	35	37	72	15
UFSC	13	53	66	14
UFRGS	20	41	61	13
UNICAMP	15	12	27	6
UFMG	6	16	22	5
UNOCHAPECÓ	8	6	14	3
UFRJ	1	11	12	2
UPF	0	10	10	2
Demais instituições	38	75	113	24
Total	180	297	477	100

Tabela 7 – Filiação dos autores que publicaram no TIC e ENTAC

4. GRUPOS DE PESQUISA EM TIC

Nos últimos anos vários grupos de pesquisa voltados à TI na Construção Civil começaram a ser formados no Brasil. Scheer et al (2007) apresentam alguns destes grupos e os temas pesquisados. Para todos os líderes apresentados por estes autores foi realizada uma pesquisa junto ao Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Caso não fosse encontrado o referido grupo o mesmo foi retirado da listagem original o que resultou no quadro 1 abaixo, com apenas seis grupos listados.

Instituição	Contato/Líder	Temas relacionados à TI
Universidade Federal do Paraná – UFPR	S. Scheer - scheer@ufpr.br R. Mendes Jr. - mendesjr@ufpr.br http://www.cesec.ufpr.br/grupotic	Sistemas de Informação e Gestão na Construção, Sistema Lean Construction, Ambiente Colaborativo, CADnD, Educação à distância
Universidade Federal Fluminense	S.L. Amorim sergio.leusin@gmail.com	Padrões de Especificação, Terminologia e Ontologia para AEC, Modelagem de Sistemas de Gestão
Universidade de Campinas – UNICAMP	R.C. Ruschel - regina@fec.unicamp.br http://www.fec.unicamp.br/~regina	Projeto colaborativo, Educação à distância
Universidade de São Paulo – USP	E.T. Santos - eduardo.toledo@poli.usp.br Cheng Liang Lee cheng.yee@poli.usp.br	Sistemas de Informação, CAD, Educação à distância, Simulação numérica, Realidade Virtual
UnoChapecó	C. Jacoski claudio@unochapeco.edu.br	Sistemas de Informação
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS	M.M. S.Bernardes bernade@ufrgs.br	Núcleo de Desenvolvimento de Produtos

Fonte: Adaptado de Scheer et al (2007)

Quadro 1 – Grupos de Pesquisa em TI

Posteriormente, uma busca no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil, do CNPq, com as expressões “tecnologia de informação”, “tecnologias de informação” e “sistemas de informação” retornou a existência de respectivamente, 272, 311 e 428 grupos. Dentre estes aqueles cuja área predominante era Arquitetura e Engenharia Civil e referiam-se à Construção Civil, retornou a existência de mais oito grupos de pesquisa nesta área além dos anteriormente relacionados (quadro 2).

Enquanto todos os autores do quadro 1 tiveram artigos publicados em alguns dos eventos considerados, no quadro 2, somente três autores é que publicaram. Isto pode sugerir que a área de TI não seja o foco dos trabalhos desenvolvidos nos grupos de pesquisa do quadro 2, ou os eventos pesquisados ainda não conseguiram despertar o interesse de todos os pesquisadores da área. De qualquer modo, mesmo considerando que todos estejam efetivamente inseridos no tema, teremos um total de quatorze grupos voltados ao assunto, um numero muito restrito face às dimensões e importância do setor da construção no PIB brasileiro. A título de comparação, a palavra chave “construção” retorna 131 grupos de pesquisa no respectivo Diretório do CNPq, apenas na área de engenharia civil, com mais 54 na área de Arquitetura.

Lider	Grupo de Pesquisa/Instituição
Ariovaldo Denis Granja	Gestão e Tecnologia em Edificações – UNICAMP
Douglas Queiroz Brandão	Grupo Multidisciplinar de Estudos da Habitação – UFMT
Eduardo Sampaio Nardelli	Teoria e Projeto na Era Digital – MACKENZIE
Gilberto Corso Pereira	LCAD - Laboratório de Computação Gráfica aplicada à Arquitetura e ao Desenho
Luiz Antonio Recamán Barros	Novas Espacialidades Contemporâneas – USP
Marcelo Claudio Tramontano	NOMADS.USP Núcleo de Estudos de Habitares Interativos - USP
Maria de Fátima Souza e Silva	Grupo de Pesquisa em Economia e Gestão do Ambiente Construído – UNB
Wilson Florio	Arquitetura, processo de projeto e análise digital – MACKENZIE

Fonte: CNPq (2008)

Quadro 2 – Novos Grupos de Pesquisa em TI

5. TENDÊNCIAS E NECESSIDADES FUTURAS

As publicações apresentadas neste artigo foram analisadas somente por seus títulos e não em sua íntegra, o que pode ter gerado alguma distorção quanto ao entedimento do foco do trabalho. Além disto, pretendia-se levantar a titulação dos autores que publicaram nestes eventos bem como as palavras-chave utilizadas nos artigos. Entretanto, isto não foi possível visto que algumas das edições dos eventos não apresentaram esta informação junto aos artigos. Dadas as limitações da pesquisa não foi possível um maior aprofundamento nos textos de modo a caracterizar tendências de modo claro. Mas a predominância do tema “projeto”, seguido de “edificação” e “gestão” sugere que os sistemas de CAD e seus sucessores, baseados no modelo BIM, Building Information Modelling serão o foco principal destes esforços. Em contrapartida, a pequena incidência dos temas de gestão de conhecimento e os vinculados à formação e atualização profissional leva a crer em uma lacuna de esforços neste campo.

O BIM é um novo modelo para gerir as informações de todo o ciclo de vida da construção e por isso impacta profundamente toda a organização do setor e suas exigências de qualificação profissional. Daí a importância de estender os estudos além do campo direto desta tecnologia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou um diagnóstico sobre as pesquisas realizadas sobre Tecnologia de Informação e Comunicação voltada à construção civil no Brasil bem como as perspectivas futuras para o desenvolvimento desta área do conhecimento. O levantamento das publicações está baseado nos artigos constantes nos eventos: ENTAC e TIC, no período de 1993 a 2008, num total de 185 artigos com a participação de 325 autores filiados a 47 instituições.

Dentre os temas analisados a maioria dos trabalhos diz respeito a aplicação das “TIC no projeto” seguida das “TIC na edificação” das “TIC na gestão”. A menor participação dos trabalhos foi encontrada na aplicação das TIC na comunidade. Embora o tema Tecnologia (envolvendo recursos tecnológicos, softwares, etc) seja um tema que vem sendo muito discutido nestes eventos, como estes trabalhos não fazem menção de forma explícita a Gestão do Conhecimento, Gestão de Competências e Educação não foram classificados nesta área.

Verificou-se ainda que a produção acadêmica está concentrada nas regiões sul e sudeste, com a participação de poucas instituições. Dentre estas as que mais publicaram foram UFPR, USP, UFRGS e UFSC.

A análise dos grupos de pesquisa em TIC pode indicar que a existência de grupos de pesquisa formalizados nas instituições pode ter funcionado como um fator impulsionador para uma maior divulgação de sua produção científica.

Em que pese as limitações metodológica, derivadas de uma base de dados limitada na abrangência e na descrição dos trabalhos, acredita-se que foi atingido o objetivo deste trabalho de apresentação de um panorama sobre a produção científica na área de TIC, que permite visualizar um quadro de tendências futuras para a pesquisa nesta área de conhecimento.

Este estudo é uma primeira tentativa de caracterização da produção científica sobre as TIC, na construção civil, no Brasil. Embora ainda se apresente de forma tímida, quando comparada com outros setores, este campo de pesquisa tem despertado a atenção dos pesquisadores.

Sugere-se para trabalhos futuros:

- inclusão dos trabalhos de mais dois eventos nacionais realizados no âmbito da ANTAC: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC) e Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios;
- pesquisa junto a outros eventos da área de engenharia, tais como COBENGE, ENEGEP etc. que possam abranger trabalhos no tema,
- análise das referências bibliográficas de maneira a identificar as mais citadas, em termos de tipo (teses, livros, artigos de periódicos) bem como sua qualidade (por exemplo, se o periódico utilizado está indexado no Qualis da CAPES).

REFERÊNCIAS

AMORIM, S.R.L.; PEIXOTO, L.; DOMINGUES, L.C.S.M. et al., 2001. Terminologia: buscando a interoperabilidade na construção. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais ...** São Carlos, UFSCar, 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na Área de Tecnologia do Ambiente Construído com ênfase na Construção Habitacional**. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/Temas/Desenv/ECIB/completo.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2002.

CINTRA, M.A.H.; DUARTE, A.C.L., 2008. Gestão do Conhecimento voltada à construção civil: caracterização das pesquisas realizadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2008, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza, UFC, 2008.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil**. Disponível em < <http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/> > . Acesso em: 15 dez. 2008.

JACOSKI, C.A.; LAMBERTS, R.. A Interoperabilidade como Fator de Integração de Projetos na Construção Civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.

MARCHIORI, F.F.; SOUZA, U. E. L. Diagnóstico quanto ao direcionamento das pesquisas sobre orçamentação e custos de construção no Brasil desde 1990 até 2004. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre, UFRGS, 2005.

NASCIMENTO, L.A.; SANTOS, E.T. Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.

PITHAN, D. N.; AZAMBUJA, M.M.B.; FORMOSO, C.T.; BARROS NETO, J.P. Caracterização da produção científica de áreas de conhecimento específicas: aplicação à gestão e economia da construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.5, n.3, p-7-18, jul./set. 2005.

TANG, W.; CHANG, P.; LIU, L. Engineering and Construction Collaboration Using Information Technology. In: PROCEEDINGS OF THE CIVIL ENGINEERING IN THE ASIAN REGION, 2., 2001. Tokyo. **Proceedings ...** Tokyo, 2001.

SCHEER, S. ; AMORIM, S. R. L. de ; SANTOS, E. T. ; FERREIRA, R. C. ; CARON, A. M. The scenario and trends in the Brazilian IT building applications experience. **Journal of Information Technology in Construction**, Ljubljana, v. 12, n. -, p. 193-206, 2007.

ARCHITECTURAL INFORMATION MODELLING TO ADDRESS LIMITATIONS OF BIM IN THE DESIGN PRACTICE

**Pieter Pauwels (1); Ruben Verstraeten (2);
Ronald De Meyer (3); Jan Van Campenhout (4);**

(1) Department of Architecture and Urban Planning, Ghent University, Ghent, Belgium,
pipauwel.pauwels@ugent.be

(2) Department of Architecture and Urban Planning, Ghent University, Ghent, Belgium,
ruben.verstraeten@ugent.be

(3) Department of Electronics and Information Systems, Ghent University, Ghent, Belgium,
ronald.demeyer@ugent.be

(4) Department of Electronics and Information Systems, Ghent University, Ghent, Belgium,
jan.vancampenhout@ugent.be

1. INTRODUCTION

During the past few years, information and communication technology (ICT) has shown an increasing impact on architectural design processes [1]. A technology that gained great interest is building information modelling (BIM) [2]. BIM enables the three-dimensional description of every ‘measurable’ component of a building, with all extra information attached (e.g. cost, planning, etc.) for further automation.

Whereas this technology has proven its advantages in the construction design phase, it shows lesser impact on the more preliminary phases of a design project [3]. Therefore, an architectural information modelling (AIM) research project is briefly presented, which aims at investigating how methods in the first architectural design stage and the seemingly shortcoming digital interaction with related AEC domains can be improved.

2. OBJECTIVES

Using BIM applications, one is able to model a central three-dimensional building model containing all necessary information about the project being built. This information describes for instance material characteristics, building component dimensions, information about cost and planning, etc. The information is passed over to other applications through an interoperable format, such as the Industry Foundation Classes (IFC), which is developed by the BuildingSmart Alliance (<http://www.buildingsmartalliance.org/>), the former International Alliance for Interoperability (IAI). This interoperability is expected to enable the direct calculation of derived building information, such as the building cost or material takeoffs [2].

Unlike the technological impact of BIM in construction industry, a lot of the early design work of an architect is still done in terms of paper-based sketching, either way in a paper-based sketchbook or in a digital sketch application. A lot of advantages could be emerging however, when the extensive ICT techniques for information modelling would be deployed in this early design stage as well. This appears hardly possible by the exclusive usage of BIM software, mainly because of the gap between the concrete and components-based nature of the information deployed in BIM and the more conceptual and abstract terms (e.g. taxonomy, typology, theory, etc.) typically deployed in design environments [3].

The proposed framework for Architectural Information Modelling (AIM) addresses this gap by enabling designers to deploy conceptual and more abstract terms.

3. THE CONCEPTUAL FRAMEWORK

In the proposed AIM framework, the designer will be able to model a central AIM model, similar to BIM but containing more abstract, intangible and implicit design information. This model will then be connected to three separate components that evaluate the AIM model at hand. These components have evolved through previous research [4] in which an extensive overview is given of several ICT applications developed for design, compared to applicable design principles and practices (e.g. [1], [5], [6]).

Since its original conception the AIM research has focused on the required structure to describe this abstract, intangible and implicit information [8]. Current research concentrates on the further conception and implementation of the three ICT components in combination with this AIM structure, which will enable us to define more precisely the advantages of using this information type within these ICT components.

ARCHITECTURAL MEMORY - AM

The first ICT component linked to the information in the central AIM model is an architectural memory (AM). This architectural memory should be understood as a repository of knowledge about architecture and building [9]. Maintaining explicit references to this knowledge source effectuates an introduction of extra, related information into the design environment, thereby directly providing the designer with the required knowledge.

VIRTUAL SIMULATION AND CALCULATION - VSC

Secondly, the central AIM model is connected to an ICT component for virtual simulation and calculation (VSC). This AIM research aims at simulations and calculations based on less tangible information, such as the evaluation of a kitchen design against a designer his own 'rules of thumb'.

VIRTUAL REALITY VISUAL SIMULATION – VRVS

The medium through which the designer interacts with the AIM Framework is of capital importance, as is recognised throughout international research projects on design [10]. An interactive tool is necessary for the work processes and methods of the designer. In order to answer these demands of interaction and multiplicity in visualisation, research will focus on the application of virtual reality techniques for the development of the AIM interface.

ACKNOWLEDGMENT

This research is funded by the FWO Fund of Scientific Research Flanders. As an FWO research fellow, the author would like to thank the FWO for this funding.

REFERENCES

- [1] Moum, A., "ICT and the architectural design process - introduction of an ICT impact matrix", *ICT in Construction and Facilities Management (Kazi A.S., editor)*, VTT – Technical Research Centre of Finland and RIL – Association of Finnish Civil Engineers, June 13-16, 2005, pp. 2-13.
- [2] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors", John Wiley & Sons, 2008.
- [3] Penttilä, H., "Early Architectural Design and BIM", *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*, 2007, pp. 291-302.
- [4] Pauwels, P., "Architectural Information Modelling – ICT conception of an integrated, architectural design environment", graduation thesis, Ghent University, Belgium, June 2, 2008 (in Dutch).
- [5] Schön, D.A., "The reflective practitioner. How professionals think in action.", Ashgate Publishing, 1991.
- [6] Lawson, B., "How designers think, the design process demystified.", 3rd Ed., Architectural Press, 1997.

- [7] Pauwels, P., Verstraeten, R., De Meyer, R., Van Campenhout, J., “Semantics-Based Design: Can Ontologies Help in a Preliminary Design Phase?”, *3rd International Conference on Design Principles and Practices*, Berlin, Germany, 15-17 Feb 2009.
- [8] Neuckermans, H., Heylighen, A., Casaer, M., “DYNAMO: an on-line collection of architectural precedents in construction”, *(Re)searching and redefining the Content and Methods of Construction Teaching in the New Digital Era, Transactions on Architectural Education*, No 29, 2005, pp. 329-338.
- [9] Immersive Room ‘Le Corbusier’, CSTB Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, <http://salle-immersive.cstb.fr/> (accessed 3rd March 2009).

SUGESTÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE METACOMPILAÇÃO DE CLASSES JAVA PARA ACESSO A MODELOS ifcXML EM ALTO NÍVEL

Cervantes Ayres (1); Sergio Scheer (2)

(2) PPGCC/UFPR, e-mail: cervantes.ayres@gmail.com

(2) PPGCC/UFPR, e-mail: scheer@ufpr.br

Resumo

As Industry Foundation Classes, IFC, são um esquema criado em EXPRESS para descrição e transmissão inequívoca de informações na indústria da construção. Atualmente, são consideradas um dos mais importantes agentes na busca pela interoperabilidade entre os sistemas utilizados na indústria. Visando atingir uma audiência mais ampla de desenvolvedores, a organização que desenvolve o esquema IFC, a BuildingSMART International, mantém em conjunto com o esquema original em EXPRESS uma versão em XML, a ifcXML. O esquema em XML é mais facilmente acessado e pode-se utilizar um grande número de ferramentas de desenvolvimento já existentes. Porém criar aplicações para processar arquivos ifcXML de forma ágil é uma tarefa complicada, dada a extensa particularização da informação no arquivo, com as entidades que representam os elementos do projeto sendo reduzidas a tipos simples de dados e primitivos geométricos, separados em várias partes do arquivo. Essa característica, essencial para que se mantenha a flexibilidade do esquema, precisa ser revertida durante a criação de aplicações que acessem modelos de edifícios, o que aumenta consideravelmente a tarefa de programação e dificulta a manutenção do código. Neste artigo são apresentadas sugestões para a criação de uma ferramenta para metacompilação semiautomatizada de bibliotecas de classes Java, correspondentes às entidades IFC do esquema ifcXML, que forneçam aos desenvolvedores métodos de acesso mais diretos e permitam um desenvolvimento mais rápido de aplicações. Espera-se com estas bibliotecas associar o poder de descrição dos modelos IFC a outras duas correntes importantes da tecnologia de informação: a programação independente de plataforma (em Java) e a descrição de informações a partir de metadados em XML.

Palavras-chave: BIM, IFC, ifcXML, binding.

1. INTRODUÇÃO

A modelagem de produto na construção, ou BIM (*Building Information Modeling*), é o processo de gestão de toda a informação produzida e utilizada nas diferentes fases do ciclo de vida da edificação, utilizando um modelo que representa as suas características físicas e funcionais (EASTMAN, 1999). Não existem aplicações que compreendam a totalidade do escopo da BIM, e muito provavelmente não venham a existir, porque sistemas com esta proposta seriam muito complexos e de difícil manutenção (EASTMAN et al., 2004). Ao contrário, a criação de modelos BIM se dá em um sistema composto por vários tipos de aplicações, com diferentes objetivos e enfatizando diferentes porções da informação, colaborando e compartilhando dados (IBRAHIM et al., 2004). A troca de informações entre essas aplicações deve ocorrer sem sobressaltos, garantindo que o significado não seja prejudicado. O termo que define esse requisito é “interoperabilidade”, que pode ser entendida como um mapeamento das estruturas internas de dados das aplicações envolvidas em relação a um modelo universal, independente de fabricantes (ou neutro). Com isso, novas aplicações podem ser desenvolvidas partindo desse mapeamento, eliminando a prática onerosa de criar

várias rotinas de transposição de informação para cada aplicação ou versão utilizada no desenvolvimento de edifícios (NIBS, 2007).

1.1 IFC e ifcXML

IFC, *Industry Foundation Classes*, é um padrão para a troca de dados entre as diferentes aplicações que acessam os modelos de edificações em um ambiente de interoperabilidade. Ele é desenvolvido pela *BuildingSMART International* (antiga *International Alliance for Interoperability* – IAI) desde 1994, e é atualmente a iniciativa mais importante no sentido de padronizar o formato de dados na indústria da construção (HOWARD e BJÖRK, 2008). O esquema IFC é um modelo semântico de dados descrito em EXPRESS, formado por constructos que representam os objetos, as suas propriedades e os seus relacionamentos com outros objetos. As unidades básicas de informação são as Entidades, que descrevem objetos físicos ou objetos abstratos. Os principais tipos de entidades são produtos, processos, controles, recursos, atores, projetos e grupos (conjuntos de outras entidades), e é possível estendê-los para formas que representem inequivocamente qualquer informação utilizada nos modelos de edifícios (LIEBICH e WIX, 2000).

Para atingir uma comunidade mais ampla de desenvolvedores, já que tanto a documentação como as ferramentas para implementação de esquemas EXPRESS são limitadas, a *BuildingSMART International* disponibiliza uma versão em XML do esquema IFC, chamada ifcXML. XML (*Extensible Markup Language*) é uma linguagem de metadados recomendada pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) como padrão para troca de informações na Web (W3C, 2008b). Ao contrário da EXPRESS, que foi criada com o propósito de representar modelos de produtos, a XML é essencialmente genérica, e pode ser utilizada para descrever qualquer tipo de informação. Para limitar os descritores e dados a um universo de constructos que descreva corretamente um objeto, são utilizados esquemas XSD (*XML Schema Definition*). A ifcXML é justamente um esquema XSD para formatação de arquivos XML de acordo com as estruturas das IFC (NISBET e LIEBICH, 2007). A primeira versão da ifcXML foi lançada em 2001, e a partir de então, para cada versão do esquema IFC, há uma versão ifcXML correspondente, mapeada automaticamente. Além de ser mais facilmente implantada do que a versão em EXPRESS, a ifcXML é baseada em uma tecnologia da internet e por isso é naturalmente associável aos recentes desenvolvimentos da web semântica, como a linguagem de ontologias OWL. Por isso, terá papel fundamental no desenvolvimento da próxima geração de padrões para interoperabilidade na construção (ARANDA-MENA e WAKEFIELD, 2006).

1.2 Metacompilação (*Binding*)

Há três modos para obter dados de um modelo de edifício em formato ifcXML. Como ele é descrito em código ASCII, pode-se criar rotinas para leitura a partir da identificação das partes que compõem as linhas do arquivo (*tokenização de strings*). Também pode-se utilizar as ferramentas SAX e DOM para realizar o processo de *parsing*, que é a varredura dos nós do arquivo ifcXML e a construção de uma estrutura hierárquica de objetos que representam abstratamente as estruturas IFC (SAXPROJECT, 2008; W3C, 2008a). Porém, o método mais simples e eficaz é importar para o código da aplicação uma biblioteca de classes correspondentes às estruturas IFC presentes no modelo. Essa biblioteca é criada automaticamente a partir de um mapeamento do esquema XSD da ifcXML para uma linguagem de programação, em um processo chamado metacompilação ou *binding*. Há várias ferramentas próprias para *binding* disponíveis gratuitamente (W3C, 2008c).

2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Grande parte dos autores da área de Tecnologia de Informação na Construção concorda que o esquema IFC é a melhor alternativa para a implementação dos ambientes de interoperabilidade entre as aplicações na indústria AEC (KIVINIEMI, 2006; KIM e SEO, 2008; PAZLAR e TURK, 2008). Nesse sentido, desenvolver métodos para facilitar a criação de aplicações baseadas no padrão IFC é essencial para fomentar a interoperabilidade. Em um recente estudo sobre os métodos de acesso a modelos de edifícios, o processo de *binding* do esquema ifcXML foi realizado com a ferramenta XMLBeans (APACHE, 2008), e a biblioteca resultante foi importada em uma aplicação Java. A utilização da biblioteca de classes provou-se extremamente útil ao trabalho de programação, porém a complexidade dos relacionamentos no esquema ifcXML superou a capacidade da ferramenta de *binding*. Por exemplo, para acessar a entidade IfcWallStandardCase, mostrada na figura 1, utiliza-se a classe Java IfcWallStandardCase() gerada automaticamente a partir do esquema ifcXML.

```
<IfcWallStandardCase id="i1714">
  <GlobalId>1WfU$nCrcZO_HrHunLtl5</GlobalId>
  <OwnerHistory>
    <IfcOwnerHistory xsi:nil="true" ref="i1568"/>
  </OwnerHistory>
  <Name>SW - 002</Name>
  <ObjectPlacement>
    <IfcLocalPlacement xsi:nil="true" ref="i1711"/>
  </ObjectPlacement>
  <Representation>
    <IfcProductDefinitionShape id="i1793">
      <Representations ex:cType="list">
        <IfcShapeRepresentation pos="0" xsi:nil="true" ref="i1753"/>
        <IfcShapeRepresentation pos="1" xsi:nil="true" ref="i1786"/>
      </Representations>
    </IfcProductDefinitionShape>
  </Representation>
  <Tag>3B09AD2E-868F-48F9-A4-80-F4F953F6B0E1</Tag>
</IfcWallStandardCase>
```

Fig. 1: entidade IfcWallStandardCase descrita em ifcXML.

A classe contém métodos que retornam o valor dos atributos da entidade, como getOwnerHistory() ou getObjectPlacement(). Quando os atributos são outras entidades, e elas são declaradas sequencialmente (aninhadas), o acesso é feito por uma cadeia de métodos “get”. No esquema da figura 1, a entidade IfcProductDefinitionShape é o valor do atributo Representation da entidade principal, e foi declarada sequencialmente. Entretanto, essa entidade filha poderia ser declarada em outra parte do arquivo ifcXML, e nesse caso a entidade IfcWallStandardCase faria referência a ela a partir do atributo de identificação id. Essa estratégia tem dois objetivos: permitir que porções de informação sejam reutilizadas (quando são referenciadas por várias outras entidades) e reduzir a complexidade do arquivo. Identificar entidades referenciadas que são descritas em diferentes partes do arquivo é a situação mais recorrente durante a leitura de arquivos ifcXML. No esquema da figura 1, para acessar as entidades IfcShapeRepresentation, que determinam a representação geométrica do objeto, a expressão seria:

```
wall.getRepresentation().getIfcProductRepresentation().getRepresentations().
getIfcRepresentationArray(0);
```

Embora a classe gerada pelo processo de *binding* identifique o valor do atributo como uma entidade, no esquema da figura 1 pode-se verificar que trata-se apenas de uma **referência** a uma entidade, já que não há valores inseridos entre o início e o final do descritor de dados. Cabe então ao programador desenvolver rotinas para primeiramente identificar a ocorrência do atributo ref, que indica uma referência, e em seguida percorrer todas as entidades do arquivo ifcXML em busca da que contenha atributo id com o mesmo valor.

Outra dificuldade verificada no trabalho com as classes geradas pelo processo *binding* foi a falta de métodos mais diretos para o acesso de atributos. Informações descritas em esquemas ifcXML são decompostas até os primitivos de dados, uma qualidade necessária para manter o padrão flexível e robusto. Em entidades mais simples, sem aninhamentos ou referências, esta característica não chega a ser um problema. Porém acessar atributos de entidades mais complexas é um desafio, porque a informação necessária pode encontrar-se distribuída por dezenas de entidades em locais diferentes do arquivo. Na figura 2 é apresentado um esquema da sequência de atividades necessárias para se obter, a partir de um modelo de edifício em ifcXML, o volume de uma parede e o seu material.

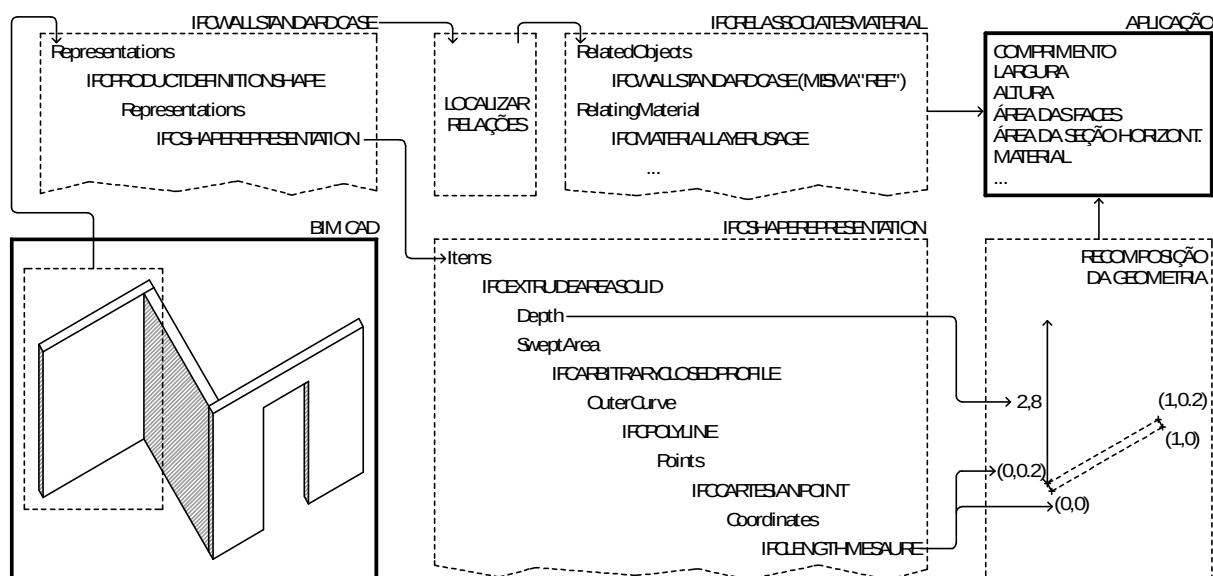


Fig. 2: etapas necessárias para reconstrução da informação a partir de esquemas ifcXML.

A exportação do modelo de um sistema BIM CAD para o formato ifcXML é um processo de mapeamento do modelo de dados proprietário (interno ao sistema) para o padrão neutro IFC. Os diferentes objetos paramétricos são convertidos em entidades IFC descritas através do esquema XSD. Objetos paramétricos representando paredes simples, de seção contínua, como as mostradas na figura 2, são convertidos em entidades *IfcWallStandardCase*. Para identificar o seu volume, é necessário acessar o atributo *Representation*, o que retorna duas referências a entidades *IfcShapeRepresentation*. No esquema IFC, diferentes representações podem ser atribuídas a uma entidade, e no caso da *IfcWallStandardCase* há no mínimo duas: uma para o eixo da parede, representado no plano horizontal, e outra para o volume. A *IfcShapeRepresentation* pode ser formada por diferentes entidades de construção geométrica, reunidas no atributo *Items*. Neste exemplo, há apenas uma entidade de representação, a

IfcExtrudedAreaSolid, que constrói sólidos a partir da extrusão de um polígono. O atributo Depth é o valor geométrico mais facilmente acessado desta entidade, e representa a altura da parede. Para identificar as outras dimensões, é necessário localizar os pontos cartesianos que formam o polígono que dá origem a operação de extrusão, e calcular as distâncias entre eles. Cada ponto é desmembrado em dois números reais que formam a abscissa e a ordenada, e é armazenado em uma entidade IfcLengthMeasure separada. As expressões abaixo, que acessam a representação e em seguida a componente x de um dos pontos da base da parede dão uma idéia da tarefa necessária:

```
IfcShapeRepresentation shape = (IfcShapeRepresentation)
    wall.getRepresentation().getIfcProductRepresentation().getRepresentations().
        getIfcRepresentationArray(0);
[...]
IfcExtrudedAreaSolid extruded = (IfcExtrudedAreaSolid)
    shape.getItems().getIfcRepresentationItemArray(0);
[...]
IfcPolyline poly = (IfcPolyline)
    extruded.getSweptArea().getIfcArbitraryClosedProfileDef().
        getOuterCurve().get(0);

Real x1 = poly.getPoints().getIfcCartesianPointArray(0).getCoordinates().
    getIfcLengthMeasureArray(0).getDoubleValue();
```

Vale lembrar que essas operações são intercaladas por rotinas de identificação dos tipos contidos nos atributos, porque conjuntos que comportam mais de um tipo de entidade são abstratos, e não fornecem os métodos necessários para acessar os dados. Também é preciso fazer buscas no arquivo pelas entidades correspondentes, porque os resultados das duas primeiras expressões são referências, e não uma entidade.

Depois de reunir toda a informação e elaborar uma expressão para calcular o volume resultante a partir da área formada pelos quatro pontos e a altura da extrusão, o programador precisa realizar uma outra série de buscas por entidades relacionadas, para identificar o material associado à parede. Esse segundo grupo de operações traz uma desvantagem: a entidade IfcWallStandardCase não tem um atributo para descrever o material. Esta informação é relacionada indiretamente, na entidade IfcRelAssociatesMaterial, em outra parte do arquivo. Depois de uma sequência de expressões parecidas com as já mostradas e operações de localização de entidades referenciadas, obtém-se o nome e outras características do material.

Estas limitações das classes geradas pela XMLBeans demonstram claramente que o processo de *binding* padrão, que utiliza apenas o esquema XSD, não atende adequadamente as necessidades dos programadores durante o desenvolvimento de aplicações para a BIM. Acessar a informação dos esquemas IFC no seu nível mais baixo, com a maior decomposição possível das entidades é útil em algumas situações, mas na maioria das vezes o programador precisará de níveis de acesso mais altos. As classes disponibilizadas pelas fabricantes de BIM CADs para acesso aos seus modelos de dados proprietários, como os formatos de arquivo do Revit ou do ArchiCAD, possuem métodos mais diretos, facilitando o trabalho de programação. A mesma informação obtida pelos processos acima exigiria poucas expressões – por exemplo, `wall.getVolume()` e `wall.getMaterial().getName()`. Por outro lado, modelos de dados proprietários são rígidos demais para acomodar a diversidade de visões sobre os dados que é inerente ao ambiente de interoperabilidade entre múltiplas aplicações.

Uma possível solução é a associação das vantagens das duas abordagens: a liberdade de descrição de dados e a robustez do modelo neutro IFC e as classes com métodos mais diretos oferecidas pelas APIs (*Application Programming Interfaces*) dos fabricantes de softwares.

3 SUGESTÕES PARA UMA FERRAMENTA MAIS ADEQUADA

Durante o desenvolvimento de aplicações típicas para a BIM, o programador necessita de métodos diretos, que facilitem o acesso aos dados do modelo em um nível razoavelmente alto. Expressões desejáveis seriam semelhantes a estas:

```
real x = wall.getLength;
real vol = wall.getVolume;
real material = wall.getVolume * wall.getComponentsVolume("cement");
...
```

Uma solução para isso seria criar manualmente classes com funcionalidades mais finamente sintonizadas com as informações que são usualmente mais importantes para o desenvolvimento de aplicações para a indústria da construção, e reuni-las em uma biblioteca. Entretanto, há mais de 600 entidades no esquema IFC, com milhares de atributos a serem revistos, e a dificuldade de atualização da biblioteca resultante quando o esquema IFC fosse atualizado surge como séria desvantagem nesta abordagem manual.

Uma outra solução, mais robusta, seria criar essas classes automaticamente, através de um processo de metacompilação, como faz o próprio XMLBeans, ou ainda o Java Compiler Compiler. Porém, como foi demonstrado na seção anterior, as classes resultantes precisam ter métodos mais diretos, para facilitar a tarefa de desenvolvimento de aplicações para a BIM. Para isso, seriam necessários dois esquemas: o esquema original ifcXML, que contém as unidades de informação (entidades, atributos e relacionamentos) e um esquema complementar, para fornecer relacionamentos adicionais entre as entidades e atributos, para a geração dos métodos de acesso em nível mais alto.

Semântica é a questão chave para a criação automática dessas classes. O esquema original fornece a natureza dos elementos construtivos e seus componentes, e o esquema complementar fornece o conhecimento sobre como combinar seus elementos para produzir as informações em alto nível. Por exemplo, para originar o método de acesso “getVolume”, para uma classe que represente a entidade IfcWallStandardCase, a compilação combinaria as definições do esquema ifcXML original com outro contendo associações entre os atributos necessários para calcular o resultado.

Idealmente, o processo de geração do esquema complementar deveria ser completamente automatizado, a partir de um conjunto de ontologias que definissem claramente, por exemplo, o que é uma parede, o que compõe uma parede, e como o conhecimento sobre a sua construção é agregado ao modelo ifcXML. Por exemplo, os recentes desenvolvimentos das bibliotecas IFD (*International Framework for Dictionaries*) estendem o significado das associações de entidades IFC e criam um esquema sobreposto que descreve de maneira mais fiel os objetos dos modelos BIM, além de relacionar grupos de entidades que representam diferentes conceitos em países diferentes (IAI, 2008b; 2008a). Esquemas IFD poderiam ser utilizados como complementação semântica ao esquema IFC, porém apenas dados, por mais claramente definidos que sejam, não são suficientes. É necessário também incluir os procedimentos a serem realizados sobre esses dados pelas classes geradas, o que exigiria um esquema mais completo. Ontologias em formato OWL podem tornar-se uma resposta para esta necessidade de complementação do esquema IFC com procedimentos, mas

desenvolvimentos nesse sentido ainda são muito preliminares e antes que venham a permitir automatização completa da geração do esquema complementar, essa operação poderia ser realizada de forma parcialmente automatizada, em duas etapas.

3.1 Etapa automatizada

Grande parte das dificuldades apresentadas pelo uso das classes geradas a partir de processos de *binding* padrão é a estrutura rígida e hierárquica produzida. O escopo limitado das classes não lhes permite reconhecer relacionamentos transcendentais – ou seja, os métodos das classes que são referenciadas por outras classes. O escopo da entidade `IfcWallStandardCase` não inclui referência alguma à entidade `IfcPolyline`, por isso não é possível obter diretamente as polilinhas que representam a base de uma parede. A questão fundamental para criação de métodos mais diretos, portanto, é “informar” às classes quais são as entidades que podem ser referenciadas a ela, dentro de um contexto pré-determinado de níveis hierárquicos.

Uma possibilidade seria converter o esquema IFC ou o ifcXML para a linguagem OWL, e extrair da ontologia resultante os relacionamentos transcendentais entre as entidades, por inferência. Porém esse tipo de conversão já foi testado e gerou discrepâncias (SCHEVERS e DROGEMULLER, 2006), o que poderia comprometer a validade da informação contida nos modelos gerados pelas aplicações.

Outra abordagem, mais direta, seria incluir estes relacionamentos adicionais diretamente no arquivo XSD. Uma rotina recursiva leria os descritores, reconheceria os relacionamentos hierarquicamente inferiores, e geraria descritores adicionais nos níveis superiores, dando origem a um esquema aumentado. Estes descritores simulariam a presença das estruturas de dados que ocorrem somente nos níveis inferiores, e quando a metacompilação fosse realizada (em qualquer ferramenta *binding*), o escopo das classes incluiria métodos correspondentes aos descritores adicionais. Por exemplo, a entidade `IfcWallStandardCase` teria um descritor para acomodar a entidade `IfcShapeRepresentation`, que no esquema original encontra-se 4 níveis hierárquicos abaixo.

Evidentemente, os descritores adicionais não tem por objetivo redefinir a estrutura de dados da IFC, eles seriam apenas atalhos para acessar a informação de modo mais direto. Por isso, devem ser desenvolvidas estratégias para separar os descritores adicionais dos originais, por exemplo, inserindo um prefixo antes do nome do descritor adicional. Outra questão a ser avaliada é o nível de recursividade desta operação, ou seja, até que ponto compensa fazer o “escalamento” dos métodos, já que podem surgir situações de referência circular.

Os métodos gerados pelos descritores adicionais passariam parâmetros para uma rotina genérica de identificação e localização de entidades referenciadas, retornando-as diretamente, de modo transparente para o programador. Essa rotina genérica seria o núcleo da biblioteca de classes e eliminaria as enormes cadeias de métodos “get” que são necessárias quando se utiliza classes produzidas por um processo de *binding* padrão, baseado apenas no esquema ifcXML original. Além disso, os métodos adicionais poderiam retornar coleções de entidades relacionadas, agrupadas por atributos de relacionamento. Por exemplo, a classe correspondente à entidade `IfcWallStandardCase` poderia ter um método chamado `getReferencedIfcCartesianPoints`, que retornasse uma coleção contendo toda e qualquer entidade `IfcCartesianPoint` relacionada, em qualquer nível hierárquico dentro da entidade principal. Esses pontos poderiam conter parâmetros simulando os relacionamentos inversos, que não são providos pelo esquema ifcXML, indicando ao programador a sua procedência.

3.2 Etapa manual

Por melhor que sejam descritos os dados, algumas situações mais especializadas requerem também procedimentos. Como não há esquemas disponíveis para contemplar esta necessidade, seria necessário fornecer aos desenvolvedores a possibilidade de refinar as classes manualmente. Por exemplo, a criação automática de um método chamado “getVolume()” para a *ifcWallStandardCase* dependeria de um esquema semântico que associasse implicitamente as entidades que contém a informação necessária e a operação matemática a ser realizada a partir delas. Na falta deste esquema, uma aplicação poderia ser criada para associar manualmente os dados necessários, e para permitir a definição dos procedimentos em um ambiente de programação. Em uma interface gráfica, semelhante às utilizadas em ferramentas de definição de esquemas RDF ou EXPRESS-G, o desenvolvedor selecionaria entidades e atributos que pretendesse associar, seja no esquema IFC original ou em esquemas complementares, que se sobrepõem ao esquema original e reorganizam as suas entidades para se adequar a visões específicas sobre os dados (incluem-se aí diferenças entre disciplinas ou entre países). A figura 3 mostra um esquema básico da ferramenta sugerida.

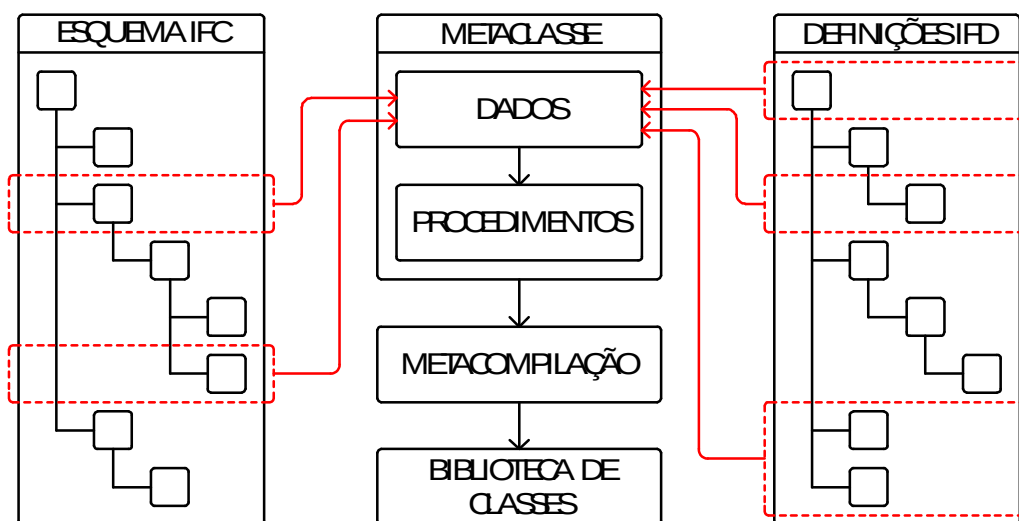


Fig. 3: diagrama da ferramenta de metacomcompilação de classes proposta.

Depois da definição dos dados, é criado o código para processá-los. A melhor linguagem para isso seria a própria linguagem na qual as classes seriam geradas. Uma eficiente abordagem seria utilizar os recursos já disponíveis no ambiente de programação Eclipse, e criar um *plugin* ou mesmo uma interface complementar (*benchmark*) ao invés de uma aplicação nova. Neste ambiente, as classes geradas automaticamente na primeira fase seriam utilizadas ou refinadas, dando origem a ferramentas mais refinadas.

Desse modo, garante-se a flexibilidade dos esquemas, e ao mesmo tempo automatiza-se consideravelmente a geração de classes. A biblioteca de classes resultante pode ser utilizada em várias aplicações, reduzindo o trabalho de programação. De fato, não é necessário que todos os programadores realizem estas etapas. Pode-se imaginar vários níveis de acesso à metacomcompilação, e o desenvolvimento de bibliotecas modulares, que atendam as diferentes necessidades dos desenvolvedores de aplicações para as diferentes disciplinas da construção.

Por exemplo, pode ser desenvolvida uma biblioteca genérica para acesso a geometria em alto nível, que pode ser utilizada por aplicações orientadas para qualquer disciplina da indústria. Ou então bibliotecas especializadas, para atuar em conjunto com as primeiras e fornecer

funcionalidades próprias de cada disciplina. Pode-se imaginar uma biblioteca de classes que atuassem como pré-processador para aplicações de desempenho físico, por exemplo.

Desenvolvedores poderiam acessar essas bibliotecas em nível intermediário, fazendo ajuste nas associações ou refinando os processamentos, dando origem a uma biblioteca mais adequada para as suas necessidades. Finalmente, um número maior de programadores sequer precisaria realizar a tarefa de metacompilação, pois um grande número de bibliotecas de classes de acesso em alto nível poderia ser disponibilizado, e a sua combinação seria suficiente para a maioria dos desenvolvimentos de aplicativos de acesso ao modelo.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram relatadas brevemente algumas observações sobre as dificuldades encontradas no desenvolvimento de aplicações para acessar modelos no formato ifcXML. A complexidade das estruturas de dados da IFC é um resultado direto da complexidade dos objetos a serem representados, e a decomposição da informação ao nível dos primitivos é uma estratégia de flexibilização que garante a robustez do padrão de dados. Porém, para as situações cotidianas de desenvolvimento de aplicações – principalmente em desenvolvimentos rápidos – é necessário prover formas de acessar as informações em um nível mais alto, agilizando a geração do código.

O processo de *binding* de classes é uma solução convencional para estas situações, entretanto resulta em ferramentas com funcionalidades muito simples, que não se adequam às especificidades do acesso de dados em modelos ifcXML. Foram propostas sugestões para o desenvolvimento de uma biblioteca de classes com métodos de acesso mais diretos, em um processo semi-automatizado. A partir da varredura do esquema XSD da ifcXML seriam incluídos descritores adicionais, resultando em um esquema aumentado, que seria metacompilado em uma ferramenta *binding*. Em seguida, as classes geradas poderiam ser refinadas em um ambiente com interface gráfica que permitisse a seleção de entidades do esquema ifcXML e esquemas complementares, como os IFD. As classes geradas teriam uma funcionalidade mais adequada às necessidades diferenciadas do desenvolvimento de aplicações para a indústria da construção, colaborando para a disseminação do padrão IFC.

5. REFERÊNCIAS

- APACHE. **XMLBeans** (página da internet).2008. <http://xmlbeans.apache.org/>, acessado em 12.2008.
- ARANDA-MENA, G. e WAKEFIELD, R. **Interoperability of building information: myth or reality?** In: European Conference of Product and Process Modelling, 2006, Valencia. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction. London: Taylor & Francis, 2006. Disponível em <http://mams.rmit.edu.au/lrssi7jid7nd4.pdf>, acessado em 12.2008.
- EASTMAN, C. M. **Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction**. Boca Raton: CRC Press, 1999, 424 p.
- EASTMAN, C. M., *et al.* **Functional modeling in parametric CAD systems**. In: ACADIA Conference 2004, 2004, Toronto. Disponível em http://bim.arch.gatech.edu/data/reference/Functional%20modeling%20in%20parametric%20CAD%20systems_GCAD2004.pdf, acessado em 12.2008.
- HOWARD, R. e BJÖRK, B.-C. **Building information modelling - Experts' views on standardisation and industry deployment**. Advanced Engineering Informatics, v. 22, n. 2, 2008, p. 271-280. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2007.03.001>, acessado em 11.2008.
- IAI. **IFD Library** (página da internet).2008a. http://dev.ifd-library.org/index.php/Main_Page, acessado em 12.2008.
- IAI. **IFD Library White Paper**. IAI, 2008b, 9 p. Disponível em <http://www.ifd->

- library.org/images/IFD_Library_White_Paper_2008-04-10_I_.pdf. Acessado em: 12.2008.
- IBRAHIM, M., *et al.* **Two Approaches to BIM: A Comparative Study**. In: eCAADe Conference, 22, 2004, Copenhagen. Proceedings. p. 610-616. Disponível em http://cuminacad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2004_610, acessado em 12.2008.
- KIM, I. e SEO, J. **Development of IFC modeling extension for supporting drawing information exchange in the model-based construction environment**. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 22, n. 3, 2008, p. 159-169. Disponível em [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2008\)22:3\(159\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2008)22:3(159)), acessado em 12.2008.
- KIVINIEMI, A. **Ten years of IFC development - why are we not yet there?** Espoo: VTT, 2006, 43 p. Disponível em http://cic.vtt.fi/projects/vbe-net/data/20060615_Ten_Years_of_IFC_Development_@_CIB-W78_Montreal_Keynote.pdf. Acessado em: 12.2008.
- LIEBICH, T. e WIX, J. **IFC Technical Guide**. IAI, 2000, 46 p. Disponível em <http://www.iai-international.org/>. Acessado em: 12.2008.
- NIBS. **National Building Information Modeling Standard**. National Institute of Building Sciences, 2007, 183 p. Disponível em http://nbims.opengeospatial.org/files/?artifact_id=742. Acessado em: 12.2008.
- PAZLAR, T. e TURK, Z. **Interoperability in practice: geometric data exchange using the IFC standard**. International Journal of Production Research, v. 13, 2008, p. 362-380. Disponível em http://www.itcon.org/data/works/att/2008_24.content.00881.pdf, acessado em 12.2008.
- SAXPROJECT. **SAX - Simple API for XML** (página da internet).2008. <http://www.saxproject.org/>, acessado em 12.2008.
- SCHEVERS, H. e DROGEMULLER, R. **Converting the Industry Foundation Classes to the Web Ontology Language**. In: International Conference on Semantics, Knowledge and Grid, 1, 2006, Beijing. Proceedings. IEEE, 2005. p. 73-75. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1109/SKG.2005.59>, acessado em 12.2008.
- W3C. **DOM - Document Object Model** (página da internet).2008a. <http://www.w3.org/DOM/>, acessado em 12.2008.
- W3C. **Extensible Markup Language - XML - 1.0, Fifth Edition** (página da internet).2008b. <http://www.w3.org/TR/REC-xml/>, acessado em 12.2008.
- W3C. **XML Schema** (página da internet).2008c. <http://www.w3.org/XML/Schema>, acessado em 12.2008.

USING KNOWLEDGE FOR THE SELECTION OF CONSTRUCTION WORK PROCESSES

Ximena Ferrada Calvo (1); Alfredo Serpell Bley (2)

(1) Pontificia Universidad Católica de Chile, xferrada@ing.puc.cl

(2) Pontificia Universidad Católica de Chile, aserpell@ing.puc.cl

1. INTRODUCTION

Through the years, construction projects have been criticized for under-achievement, situation that has been reflected in the poor performance on time, cost and quality and the low satisfaction level of construction clients [2] [3] [4]. Many of these construction problems are caused by the utilization of inadequate construction processes [4]. This factor is also associated with deficiencies in the use of project resources, the poor quality of construction processes and products, and the lack of an adequate use of experiences from previous projects, among others [5]. In order to address this situation, strategies associated with the application of knowledge for the improvement of the construction performance and the reduction of waste are proposed as an effective and efficient approach.

Generally, most of the information and knowledge created during the implementation of a construction project is often owned by the individual project team. The lack of information and knowledge sharing become important factors that affect a company business performance [6], causing construction companies to use the same construction processes and to repeat mistakes again and again with negative performance consequences. If experience and knowledge are shared and used appropriately, the same or similar problems in construction projects do not need to be repeatedly solved [7]. These resources – knowledge and experience - would allow improving the company's performance and reducing costs and the probability of repeated problems [8].

Based on the above declared background, this abstract presents an approach based on the application of knowledge management to the selection of construction work processes for new construction projects

2. RESEARCH PROPOSAL

The central idea of this proposal indicates that if it is possible for a construction company to capture the knowledge and experience generated by the execution of its projects, it would then be feasible to design a knowledge management structure and system for this purpose. If a construction company counts with such a knowledge management system, it will be able to obtain, store and share the process selection knowledge and to apply it for effectively selecting processes for new construction projects.

The main focus of this research is to understand and model the reasoning process and the knowledge applied by experts in performing the processes selection activity. This topic has not been deeply addressed in the literature yet, although it is the genuine core of proposed and other knowledge management systems. Therefore, major expected contributions of this research effort are: the structuring and modelling of construction processes selection knowledge and the design and implementation of an architecture and a prototype knowledge management system for construction processes selection. This system will be tested in actual construction projects to assess its effectiveness.

3. RESEARCH METHODOLOGY

The stages of the research methodology include the achievement of the following major goals:

- To understand how construction processes selection is currently carried out: this information will be obtained at site fields, through the use of the case based study approach. Two Chilean construction companies will participate and the study will include both, on site observations and documentation review.
- To identify, acquire, and model the knowledge used for selecting a particular construction process: extensive interviews with experts on this domain will be carry out in both companies. In a second stage both, the information obtained on site and from interviews will be processed and analyzed in order to construct the domain's knowledge model. This model will be validated by the experts interviewed in the previous phase. Knowledge elicitation is a critical phase of this research and to avoid problems at this stage, an effort will be made to select the most appropriate elicitation technique in order to obtain the most reliable results.
- To design and build a knowledge management system prototype for construction processes' selection: based on the knowledge model, a prototype will be built and later validated by means of experts' evaluations and its application to actual projects.

4. CONCLUSION

Knowledge about previous projects is a critical asset for improving the performance of future construction projects, given that construction is a knowledge-intensive industry. Despite that, only few companies are working right now with a structured knowledge management system. Then, most of projects' experience and knowledge fade away once projects finish, generating then, organizational inefficiency. In order to deal with this problem and to help improving construction projects' performance, this research proposes a knowledge management system that will support decisions made by construction companies regarding the design of production systems and the selection of construction processes. The proposed knowledge-based system will allow companies to store, keep, and apply the know-how obtained through time which is currently lost or not used. This system will also help to avoid rework and the continuous "reinvention of the wheel" approach that characterize the construction sector.

REFERENCES

- [1] Dubois, A.; Gadde, L. "The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation", *Construction Management and Economics*, Vol. 20, 2002, pp. 621-631.
- [2] Fortune, C.; Lees, M. "Exploring common practices in construction project management: a UK perspective", *Proceedings of the Joint International Symposium of CIB Working Commissions: W55, W65 y W107*, Vol. 1, 22-24 october 2003, pp. 344-354, Singapore.
- [3] Poon, J.; Potts, K.; Musgrove, P. "CONBPS: An expert system to improve the efficiency of the construction process", *RICS Research Papers*, Volume 4, N° 21, 2003.
- [4] Tapia, C. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería "Análisis Crítico del Diseño de Procesos en Chile", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2007.
- [5] Serpell, A. "Administración de Operaciones de Construcción", Alfaomega Grupo Editor, 2002, México.
- [6] Wu, S.; Kagioglou, M.; Aouad, G.; Lee, A.; Cooper, R.; Fleming, A., "A project knowledge management tool for the construction industry", *International Journal of IT in Architecture, Engineering and Construction*, Vol. 2, N° 2, 2004, pp. 79-90.
- [7] Tserng, H.; Lin, Y. "Developing an activity-based knowledge management system for contractors", *Automation in Construction*, Vol. 13, 2004, pp. 781-802.
- [8] Lin, Y., Wang, L.; Ping Tserng, H. "Enhancing knowledge exchange through web map-based knowledge management system in construction: Lessons learned in Taiwan", *Automation in Construction*, Vol. 15, 2006, pp. 693-705.

KNOWLEDGE MANAGEMENT: STRATEGY TO FACE CONSTRUCTION CHALLENGES. SITUATION IN VENEZUELA

Licia Pietrosemoli de Dikdan (1)

(1) Costa Norte Construcciones C.A. Venezuela, licia_p@costanorte.com.ve

Abstract

Construction industry plays a vital role on global markets due to the jobs and wealth it creates as well as the services it provides. Among usual project challenges, construction companies, especially on developing countries, Venezuela among them, must face additional difficulties such as union pressures, low productivity, political strife, safety and financial difficulties, changing legal regulations, as well as troubling lack of knowledge management, which make attaining competitiveness and construction sustainability a great challenge. Construction Sustainability, Competitiveness and Knowledge Management are subjects extensively discussed on academic environments but not so widely on productive sectors. Such is the case of Venezuela, since the country, and particularly the oil and petrochemical construction industry, shows a staggering deficiency of formal processes and scientific studies oriented to knowledge management and achieving Construction Sustainability. Due to the importance of construction, private companies, governments, universities and research centers must work together in order to improve industry performance. This research is part of doctoral studies still under development, which is oriented to evaluate the potential benefits of knowledge management on Venezuelan oil and petrochemical construction performance, understanding that such problems could be present in other developing countries. So, while precise strategies are presented, it is suggested to understand the role of knowledge management as a key process that can help to create a new culture oriented to competitiveness and Construction Sustainability. Construction companies must realize that change will start once they are aware of their responsibilities to improve individual and sectoral performance pushing global sustainable development, as well as of the resources and opportunity that all have available to reach that goal.

Keywords: Construction challenges, Knowledge management, Sustainability, Venezuela

1. INTRODUCTION

The organizations that operate on the XXI century must face growing complications on their activities. In addition to the requirements of their business, the search of profitability and competitiveness, answer to global markets and competitor's requests, must respond to difficulties related to conflicts and wars, climate change and natural disasters, terrorism, political stress, growing social tensions and inflation. In addition to this, now they have to face the critical consequences of the financial crisis of 2008.

Such problems and calamities have a critical effect on individual's quality of life as well as organizational performance, specially in developing countries, so they request immediate attention and become priorities to public and private entities, often distracting their attention from other relevant topics such as productivity, competitiveness and sustainable development.

Developing countries, Venezuela among them, are least prepared to tackle such crisis because of their structural weaknesses, but even with those elements against, organizations must act proactively in order to achieve higher levels of performance and be able to compete in the challenging global markets. This will demand flexibility and adaptation to change.

While improving performance levels is important for all activities, is particularly relevant to the Venezuelan and other developing countries construction industry, as one of the driving forces of countries growth because of it contributions as a generator of jobs and wealth.

Due to the complexity and dynamism of each construction project, as well as for particular country conditions, Venezuelan construction industry is subject to great challenges and demands coming from technical, financial, labor, tax, market, and political issues, which must be faced by construction companies in order to succeed in the pursuit of their goals.

It is important to recognize that issues regarding construction and sustainable development, competitiveness and knowledge management are widely debated in many countries in academic circles with great intensity; however, these don't always reach with sufficient strength to all countries and organizations, and aren't always known by the companies that have the duty to improve their performance.

This is a reality for Venezuelan construction companies that in general lack of information and processes oriented to take the best chance of knowledge and intangible assets, and present competitiveness problems. So it is important to seek ways to support their improvement through integration with the currents that are under development on academic circles.

Leading from that, the aim of this paper is to encourage reflection for Venezuelan and other organizations of developing countries about the need to identify the elements on which support sustainable construction and competitiveness, and encourage them to develop joint strategies with governments and universities to support the improvement of its results. To achieve these objectives, knowledge must be recognized as a source of competitive advantage for construction companies worldwide, as it can support indicators, business competitiveness and construction sustainability improvement.

2. NATURE AND IMPORTANCE OF CONSTRUCTION INDUSTRY

The construction industry plays a vital role for humankind as has the responsibility of building the facilities and infrastructure that enable the development of human activities. [1] Due to the importance of housing facilities, infrastructure for communications and transportation, sanitation and water, the importance of the industrial and commercial services it offers, the number of jobs generated, as well as its contributions to the growth of nations, the construction industry has great influence in the socio-economic development of all countries. As such it is a key element for achieving sustainable development. [1] - [2]

The particular nature of the construction is evidently seen at the complexity of the activities, the size of the organizations, the temporary nature of the projects, the fragmentation of activities and the combination of work practices and cultures found in every project. [3] That complexity is increased as each project requires the participation of various organizations such as consultants, practitioners and communities that provide a wide range of services necessary for the completion of each project. [1] - [4]

Despite its socio-economic importance, it is common that the public image of construction is quite poor, with a widespread perception that companies in the sector are extremely traditionalist and therefore do not take advantage of the benefits of innovations technology. [4]. This perception is unfounded, based on progress with the use of new materials, prefabrication elements, modular buildings, industrialization and mechanization of processes, and overall improvement in the services of the buildings that evidence the evolution of the construction industry. [4] - [5]

In light of these realities, the construction industry should be seen as a knowledge-based industry, requiring higher levels of knowledge, in order to adapt to the markets changes. [4]

3. CHALLENGES FOR THE CONSTRUCTION IN THE IN THE XXI CENTURY

Because many construction projects have complex scopes with cross functional requirements that involve the attention of various interest groups, construction companies must attend demands from several fronts. This imposes on project leaders the need of a dynamic and innovative vision, and the creation of multi-disciplinary and virtual work teams, in order to meet the complex requirements of each project. [6]

The complexity of construction becomes evident if we take into account the challenges associated with design processes, reengineering, new construction techniques and processes, environmental, safety, quality, human resources, management, the demands of the owners and customers, educational processes and decision-making, and the strict standards and regulations that mark the performance of each project. [1] - [7]

To further complicate the situation, construction industries face additional difficulties such as union and competitors pressures, low productivity, specification and technical problems, troubles with the supply or quality of materials and equipments, administrative and financial difficulties, changing tax and legal regulations, safety problems, operational risks and lack of knowledge management. [8]

The issues described are related to diverse areas of interest that go from the contractual relationships with customers up to the contract completion, and involve clients, consultants, insurance companies, financial organizations, labor unions, suppliers and service providers, contractors and members of the organization itself. [8]

It is considered that a project has been successful when it has been completed on time, according to specifications, budget and client satisfaction, but due to the challenges and complications of this business, It's fairly common to find high levels of error and to need to rework some aspects of most projects. [8]. Especially in developing countries, the successful performance of large-scale projects is not very common due to various reasons, linked with consulting firms, contractors and coordinators of the project, as well as for labor productivity, resources supply, problems linked with water or energy supply, water or waste treatment services among other. [7] - [8] - [9]

The major performance problems faced by construction contractors working on developing countries can be divided into problems associates with: 1. Poor infrastructure of the industry, 2. Inadequate information management, frequent changes of directions and breach of obligations by clients and consultants and 3. Deficiencies of the contracting companies. [9]

All these problems become challenges to be overcome by the industry, and make necessary to understand the factors that enhance and limit innovation in the construction industry. [5]

The main challenges faced by the construction industry - according to the perspective of oil and petrochemical sector in western Venezuela - are evident in the following table N. I. Main challenges faced by construction.

TABLE I
MAIN CHALLENGES FACED BY CONSTRUCTION

		Casos	% resp. col.
Main challenges faced by construction	Labor issues	31	32,0%
	Market issues	18	18,6%
	Political issues	12	12,4%
	Financial issues	12	12,4%
	Technical issues	11	11,3%
	Taxes issues	9	9,3%
	Other (organizational culture, currency control public disorders)	4	4,1%
Total		24	100,0%

These results represent a particular vision of a productive sector and cannot generalize a reality far more complicated, but it is indisputable that the nature and complexity of these challenges in general affect the construction organizations. [8]

All the issues involved in each project confluence in the main challenge faced by construction companies, that is successfully complete each work with the quality required by the client, within the agreed timetable and budgets. To achieve it the construction companies are obliged to assume a proactive and innovative role that enables them to optimize their performance, sustaining and aiding in the growth and strengthening of national industries. [7] - [8]

4. SUSTAINABLE CONSTRUCTION

To maximize the contributions from construction to the overall needs of society, for several decades some countries have been studying Sustainable Construction. Among several definitions, it is described as the creation and management of a healthy environment built on the basis of efficient resources and ecological principles, or the use of local solutions for local problems, while respecting people and planet's eco-capacity. [1] - [7]

This is a complex concept, which combines human and technical elements, with various implications and priorities that acquires different approaches if it is analyzed in terms of economies of developed markets, economies in transition or developing countries. Therefore, depending on the priorities of each country, Sustainable Construction analysis is linked with physical problems related to resources, biological problems associated with people and sociological problems associated with socio-political, socio-economic and socio-cultural elements [1] - [7]

Figure 1 shows the evolution of construction vision up to actual conception on global context.

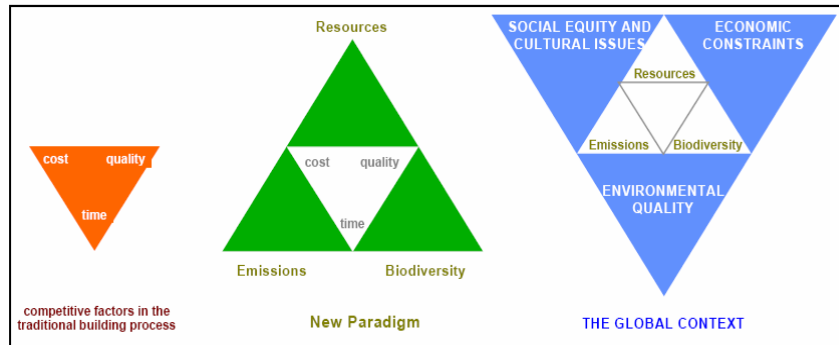


FIGURE 1
AGENDA 21 ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION.

Here is highlighted the interdependence between social, cultural, economic, environmental, social and equity issues, that's obligatory to study the construction in the overall global context towards sustainable construction. [10]

Based on such evidences, to achieve Sustainable Construction in Latin America, it is needed to clearly address the specific circumstances that affect its countries in the economic, social and natural fields. That is because of its requirements for reducing poverty, sustaining economic growth, achieve better income distribution and face the urban sprawl. [7]

These goals of sustainability can be achieved if the actors take into account the need to develop networks and regional capacities, to strengthen education and training, develop public policies that foster sustainable construction, strengthen the use of technology and assessment techniques to identify local and regional needs. [7]

Several elements can obstruct the development of sustainable construction. Among them: lack of capacity in the construction sector, uncertain economic environment, political insecurity, poverty, low levels of investment in urban, technological inertia, flaws of integrated research, lack of knowledge and reliable data, disinterest in issues related to sustainability and ignorance and lack of understanding of the problem by professionals in construction, public, private and public in general. [7] - [10]

This is one of realities related to Venezuelan context, as the country shows very little progress on the path to reach for construction sustainability. [8] That is why it is suggested that the principles of sustainable construction should be incorporated as subjects of formal education and training of all those involved directly or indirectly with the construction works. [1] - [7]

Recognizing the importance of tearing down these barriers and support the achievement of sustainability in construction, justifies further research and dissemination of knowledge on this subject. [7] - [10]. This is particularly important for Venezuela and other developing countries as Sustainable Construction can become a key element in the achievement of sustainable development as a global goal. This justifies further research on this field.

5. KNOWLEDGE MANAGEMENT AS A STRATEGY FOR COMPETITIVENESS AND SUSTAINABILITY OF CONSTRUCTION

Knowledge management is described as the continuing process of creation and dissemination of new knowledge throughout the organization, which allows the introduction of new products and services, technologies and systems that promotes organizational change and adaptation to new environment challenges. [11]

Knowledge management makes available to individuals and organization, in an orderly and practical way, a number of tacit and explicit knowledge that consent operation and organizational growth. This is accomplished through the use of tools and technologies that allow individuals to capture share and use knowledge to make better decisions timely. [12]

Because of those contributions, in today's global world, economies that have a higher viability to achieve their development are those based on knowledge. [12]. Such is the value recognized to knowledge as resources that the European Commission aims to make Europe the largest global knowledge economy by 2010, to increase productivity and competitiveness to find greater progress in achieving a welfare state, cohesion and sustainability. [13]

This advanced view is also involving actors from the construction industry, which recognize that this sector also relies heavily on knowledge. So, the need to manage knowledge is emerging in the order of innovation, improvement of performance of processes and customer satisfaction, which are necessary to maintain competitiveness. [14].

In both developed and developing countries, construction companies report problems with the management of knowledge such as: Lack of effectiveness on lessons learned from previous projects, loss of knowledge because of personnel transfers, difficulties in capturing, organizing and retrieving knowledge achieved in the projects, breakdowns in communication between projects, lack of records of decisions taken and large amounts of knowledge poorly organized and difficult to access, locate and use. [3] - [15]

In addition to the barriers mentioned earlier, researchers who study sustainable construction reported problems of shortage of skilled professionals, technicians and craftsmen, limitations in understanding the need to better use the knowledge in construction as well as the absence of information and accurate data to make the best decisions. This leads to the need to establish mechanisms to eliminate these barriers through the creation of conditions which aid the distribution and usage of knowledge. [7] - [10]

In front of such problems the cultural change related to knowledge management in construction will lead to decrease projects execution time, improve quality and customer satisfaction and reduce the need to re-discover knowledge already achieved. [6]

The importance of knowledge for the sustainability of construction is such that several global processes aimed at maximizing the use of these resources have emerged, such as Agenda 21 and the Habitat II Agenda for Sustainable Development, which foster the global partnership to achieve implement principles of sustainability in the construction through R & D, as well as “The Knowledge Management Project” that supports research and practice of knowledge management with a focus on the construction industry [1] - [16]

The main benefits of proper knowledge management in construction are evident in areas such as: Innovation thrives more easily; workers achieve greater effectiveness and efficiency with

overall performance improvements; project delivery indicators improve; lessons learned from a project can benefit next one; the transfer of knowledge between the various stages of each project is facilitated; intellectual capital is maximized, ability to respond to the demands of customers improve, products with higher added value are supplied and organizational risk is reduced because of lower levels of uncertainty. So knowledge becomes the driving force behind the construction, allowing the optimization of the main competitive advantages. [17]

In order to obtain such benefits, the production, dissemination and use of these intangible resources results of vital importance to both organizations as for the teams responsible for each project, as they support the solution of problems as well as the management of change and innovation. [4] - [17]

To disseminate knowledge relevant to sustainable construction, developing countries require that research be carried out to feed the databases, knowledge on the various technologies and tools available to achieve sustainable construction, use the best practices that support these processes and primarily to develop specific strategies for the sharing of knowledge. [10]

Related to that goal, in the context of global trends, in Latin America there has been some progress in studying the problems of productivity and competitiveness for the construction. From such guidance have emerged some few strategies related to constructability and lean construction and in general, even if yet not as wide as needed, a growing interest to support the achievement of sustainable construction. [7] - [15] - [18] - [19]

Among other advances in the field of knowledge management in Latin America, we find the model of the social value of knowledge and territoriality, which offers an approach that demonstrates the social value of knowledge about human resources, recurrent education, culture innovation and networking technology cooperation in the framework of territoriality, and endogenous development [20], as well as the prototype of knowledge management for construction companies, which propose the classification of knowledge of the company different business functional areas and levels in order to facilitate knowledge exploitation and the preservation of the lessons learned. [15]

6. SITUATION IN VENEZUELA

Despite being so relevant, few advances exist in Venezuela regarding knowledge management for the construction sector, since except for current investigation, have not been identified yet other studies aimed specifically at improving the performance levels neither of general construction nor for oil and petrochemical sector, based on the use of knowledge as strategic assets. In fact, it was only in 2008 when formal research in this field was initiated. [21].

The first investigation in this field assessed the group of 38 organizations providing services of construction and maintenance for the oil and petrochemical industry in western Venezuela. The organizations that participated in the research include small, medium and large industries, with activities at local, national or international level. [21]

The Tables II, III and IV collect some of the results of research in critical areas such as structures, resources and techniques used to manage knowledge. [21]

TABLE II
FORMAL STRUCTURE FOR KNOWLEDGE MANAGEMENT

There is a formal structure for knowledge management

		Frequency	%	Accumulated %
Valid	Agree	8	33,3	33,3
	Disagree	16	66,7	100,0
	Total	24	100,0	

TABLE III
RESOURCES AVAILABLE FOR KNOWLEDGE MANAGEMENT

		Cases	%
Resources available for Knowledge Management	Personnel for KM functions	5	27,8%
	Systems and programs for KM	5	27,8%
	KM Department	3	16,7%
	Standards for managing and sharing knowledge	3	16,7%
	Other	2	11,1%
Total		9	100,0%

TABLE IV
TECHNIQUES, TOOLS OR METHODS FOR KNOWLEDGE MANAGEMENT

Techniques, tools or methods for Knowledge Management

		Frecuecy	%	Accumulated %
Valid	Procedures established on quality system	4	30,8	30,8
	Work meetings	5	38,5	69,2
	Brainstorm	1	7,7	76,9
	Combination of above	3	23,1	100,0
	Total	13	100,0	

While still with preliminary results, the investigation has begun showing the low proportion of companies belonging to this group, with resources, formal processes and practices for managing knowledge. The conclusions showed that the most part have no formal knowledge, resources, structures, techniques and specific technologies to manage their knowledge, with evidences of weaknesses on the cultural, organizational and technological issues needed to support appropriate knowledge management. [21]

In addition to the shortcomings of the companies themselves, neither the government nor the guilds that cluster the construction companies, such as the Industry, Oil or Construction Chambers and the Venezuelan Association of Construction Exporters have developed processes aimed at fostering the use of these resources among members. [21]

7. CONCLUSIONS

No construction organization can escape the responsibilities that have to achieve better performance levels, maximizing their chances of success in the competed world markets, supporting the improvement of sectoral indicators. The task of achieving competitiveness and sustainability depends on the coordinated work of governments, universities, research institutions, unions, guilds and private companies worldwide.

This is needed in developing countries, especially Venezuela, due to the great challenges faced by construction companies, as the daily complications and the demands and requirements of each project leave little time for the continuous improvement.

To break this vicious cycle and support the achievement of competitiveness and sustainability of the construction industry, there is a need to facilitate understanding of the magnitude of the problem and disseminate knowledge relating to it.

For the Venezuelan and other developing countries cases, given the low level of advancement in the formal and planned use of knowledge, is urgent to implement tangible measures to allow the use of these resources through the implementation of models of knowledge management in construction, the development of research lines, as well as the support of government and guilds acting together in raising the levels of national performance.

In this preliminary stage of research, there are no final conclusions or precise strategies to be proposed, even if it is conclusive that stakeholders must realize that progress begins with the recognition of the existence of problems as well as the improvement opportunities faced by industry. Next step will be the change of orientation of construction institutions in front of knowledge. So, while precise strategies are proposed, it is suggested to understand role of knowledge management as a key process that can help to create a new culture oriented to competitiveness and construction sustainability.

Discussion of those topics should transcend the academic environment and arrive to the construction companies themselves so they can see their individual responsibilities for the achievement of sustainable construction and the benefits of knowledge as strategic resource, and may set gradual changes in their internal processes in order to enrich them.

In this way it will be possible to create a cultural change which will allow to value knowledge as a resource to help countries become increasingly independent and competitive, through an appropriate balance between the social benefits expected by society and competitiveness, helping to reach a truly global sustainable development.

REFERENCES

- [1] International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB. "Agenda 21 for Sustainable Construction". *CIB Publication 237*. Sections 1,2,3,4, July 1999, pp 120
- [2] Egbu, C, Quintas, P, Anumba, C, Kurul, E, Hutchinson V. "A Systematic Analysis of Knowledge practices in other sectors: lessons for construction". *Knowledge Management for Sustainable Construction Competitiveness*. September 2003, pp 54
- [3] Kazi, A, S, *Knowledge management in the construction Industry: a socio technical perspective*, Idea Group Publishing, 2005, pp. 384

- [4] Anumba, C, Egbu, C, Carrillo, P, (2005) *Knowledge management in construction*, Blackwell Publishing Ltd, 2005, pp. 226
- [5] Miozzo, M, Dewick P, *Innovation in construction. A European análisis*. Edwards Elgar Publishing. ISBN: 1843765217, 2004, pp. 156
- [6] Love, P, Fong, P, Irani, Z. *Management of knowledge in project environments*. Elsevier Butterworth Heinemann ,2005, pp. 242
- [7] Gomes, V, da Silva, M, “Exploring Sustainable Construction: Implications from Latin America”. *Building Research and Information*. Volume 33, number 5, September-October 2005. pp. 428-440 (13)
- [8] Pietrosemoli, L, “La gestión del conocimiento en las empresas de construcción petrolera y petroquímica venezolana. Una aproximación al problema”. II International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, CIO 2008. September, 2008, pp. 10
- [9] Nguyen, D, Ogunlana, S, Quang, T, Chi Lam, K (2004). “Large construction projects in developing countries: a case study from Vietnam”. *International Journal of Project Management*. Volume 22, Issue 7, October 2004, pp. 553-561
- [10] International Council for Research and Innovation in Building and Construction. “Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. A discussion document”, *CIB Publication*, 2002 pp. 91
- [11] Takeuchi, H, Nonaka, I, *Hitotsubashi on Knowledge Management*, John Wiley & Sons, 2004, pp. 369
- [12] del Moral, A, Pazos, J, Rodríguez, E, Rodríguez-Patón, A, Suárez, S, *Gestión del Conocimiento*, Thomson, 2007, pp. 499
- [13] Matías, G, “La estrategia de Lisboa sobre la sociedad del conocimiento: La nueva economía”. *ICE. El modelo económico de la UE*, Enero febrero 2005. N. 820 Comisión Europea, 2005, pp. 169-193
- [14] Kamara, J, Anumba, C, y Carrillo P, (2002). “A CLEVER approach to selecting a knowledge management strategy”. *International Journal of Project Management*. Volume 20 Issue 3, April 2002, pp. 205-211
- [15] Barón, P. (2004). Utilización de sistemas de gestión del conocimiento en la industria de la construcción. Bogotá, Colombia. <http://micigc.uniandes.edu.com> pp. 11.
- [16] www.knowledgemanagement.uk.net.
- [17] Egbu, Charles, Hayles Carolyn, Quintas Paul, Hutchinson Vicky, Anumba Chimay, Ruikar Kirti. (2004). “Knowledge management for sustainable construction competitiveness. Final Report. July 2004”. ISBN-1-9033661-63-3. BNE Report. pp. 20
- [18] Botero, Luis Fernando. (2006). *Construcción sin pérdidas. Legis. Bogotá, Colombia*. pp. 170
- [19]. Giménez, Zulay. (2008). Diagnóstico de la gestión de la construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras civiles. Ponencia Congreso de Ingeniería de organizaciones CIO 2008. Burgos, España. pp. 151-160
- [20] Oberto, Adán. (2005). “Gestión del conocimiento para la innovación organizacional. Una visión desde Ibero América”. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*. Año 2, N. 1. Enero- Abril 2005. LUZ SAILUZ. Venezuela pp. 11-29
- [21] Pietrosemoli, Licia. “Caracterización de la gestión del conocimiento en las empresas de construcción petrolera y petroquímica venezolanas”. Universidad Politécnica de Madrid/ Universidad del Zulia. 2008. pp. 106

KNOWLEDGE MANAGEMENT IN COSTRUCTIONS: AN APPLICATION IN THE FIELD OF ENERGY CONTROL

Carlo Argiolas (1); Filippo Melis (2); Emanuela Quaquero (3);

- (1) Università degli Studi di Cagliari – Italy, argiocar@unica.it
- (2) Università degli Studi di Cagliari – Italy, filippo.melis@unica.it
- (3) Università degli Studi di Cagliari – Italy, equaquero@unica.it

Abstract

The growing complexity of the building process reaches high levels in Public Works, for which the Public Administrations (PA) still prove to be rather oriented towards a process of emergency management than towards an efficacy and efficiency policy of processes. The variety of the different subjects involved in carrying out of the building processes, makes the development of integration and cooperation instruments necessary. Through the present work, we suggest a solution to such issues: focusing on Knowledge Management (KM) techniques means to rationally organize the considerable quantity of data/information and to capitalize the consolidated knowledge. A PA aiming at improving the management of the building processes can implement an internal knowledge map to establish and/or make explicit the company standard procedures. The article reports the outcomes of a theoretical research, a work-in-progress, in which the knowledge management techniques are combined with possible applications related to the building field, and in particular to the energy control aspects of the buildings. However, in order to deal with the problem it is necessary to define both a common knowledge management platform and a new procedure to allow the interrelation among the involved actors. The first part of the article focuses on the definition of the basic unit (elementary product) of the internal knowledge map of the PA, and then it proposes a possible process of interaction with it. The article continues highlighting that the use of the knowledge map allows a re-examination of the whole public building process fundamentally improving the management of the energy efficiency of the buildings. In the last part, the article details a hypothesis of datum structuring concerning the energy control of the buildings inside the knowledge map. The outcome of the work is a first contribution to the implementation of an instrument to collect and share the specific knowledge of the PA. Therefore such an instrument can rationalize the whole public building process optimizing the energy management of the public building property.

The technological infrastructure will be a crucial element in order to operate and run the knowledge map: a software platform that, operating in a shared and cooperative environment, supports the elicitation and sharing of the structured knowledge.

Keywords: knowledge management, building process, energy control.

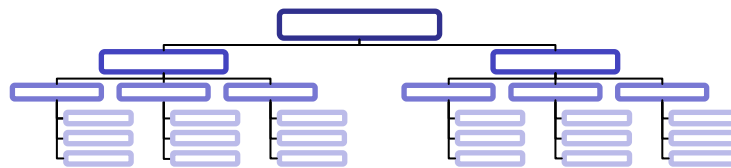
1. INTRODUCTION

The growing complexity of the building process reaches high levels in Public Works, for which the Public Administrations (PA) still prove to be rather oriented towards a process of emergency management than towards an efficacy and efficiency policy of processes. Carrying out a public work is a demanding and binding project that combines a high number of variables and requirements often contrasting and conflicting one another. The variety of the different subjects involved in the drawing up and carrying out processes of the public policies, makes the development of new integration, communication and cooperation channels necessary. The present models of interaction among the actors of the public contract (Public Administrations, Designers, Building Contractors) are no longer suitable to the context in which the subjects work. There is a need of new and supporting solutions to correctly and effectively transmit information. A reply to such issues is to turn to Knowledge Management (KM) techniques that, through a rational organization of the considerable quantity of data/information[1][2], and through a capitalization of the consolidated knowledge, allow the development of a protocol for

the communication[3] and the coordination[4] of the involved subjects. In the Public Administrations, the implementation of a KM policy supports the choosing process in relation to public buildings during the designing, carrying out, and management stages. Moreover, the introduction of KM instruments in the involved subjects' organization, favours and facilitates the definition of a common code and of a common interface. The KM assumes the form of a discipline defined as follows: “ the Knowledge Management is the systematic, explicit and deliberate organization, application and renewal of a company internal knowledge, aiming at maximizing the effectiveness of the cognitive ground and of the related advantages” [5]. Taking into consideration this definition, it is easily understandable that including a KM policy in an organization implies considering knowledge as a key resource to develop, capitalize, and share and which the future of the operating strategy will be founded on. “Knowledge is the information that changes and modifies the organization, making the *agent* capable of new and/or effective actions”[Peter Drucker]. One of the KM instruments is the knowledge map: developing a knowledge map means rationalizing and making explicit the dynamics and the know-how structure in a company organization. Therefore, the first step in order to implement a KM system is the definition of the map contents, schemes, and structures aiming at the insertion and at the consequent availability of the knowledge collected by all the involved subjects. There is the need of defining a basic unit for the knowledge maps of the subjects involved in the building process and, therefore, we suggest the concept of elementary product, of which we present a clear and complete definition in the following paragraph.

2. FROM THE FEASIBLE PROJECT TO THE “ELEMENTARY PRODUCT”

Describing the building object as a tree structure with several levels, following the top-down technique[6], the outcome is a representation that, cascading defines all its components to the most elementary ones, in details. The building object is resolved into three elements, called macro products. They are further subdivided into products and by-products, progressively less complex, to the level of desired decomposition. Such a procedure allow to work on smaller and smaller portions, more easily controllable and governable, coordinated by a productive simulation. The levels at the base of the built hierarchical tree show an in-depth and detailed definition of the work in the carrying out of the final product; moreover, they have an identification code that highlights their sequential order in the structure.



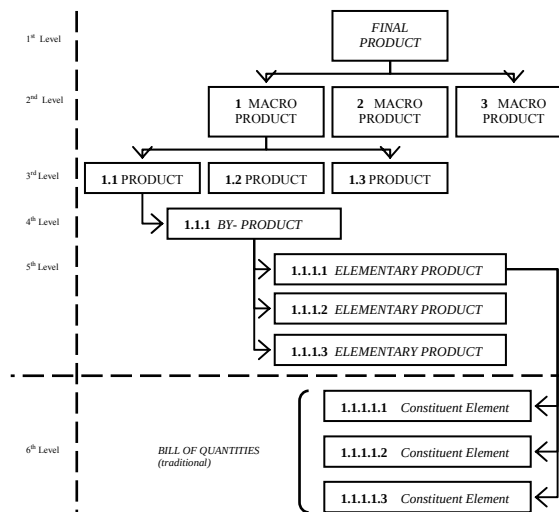
PICTURE 1
TREE-LIKE DECOMPOSITION (P.B.S.)

The construction of the PBS and its efficacy in a process, are directly influenced by the level of accuracy used to identify all the parts of the building object. The decomposition process finishes when the required level of appropriate accuracy is reached. It is important to remember that the decomposition level varies according to the characteristics of the work to carry out. In fact it is correct to say that the PBS can be divided into any number of levels, according to the

intervention complexity, nevertheless, if the destructuring is extreme, it is difficult to keep track of the work general state, particularly if it has a long-term planning. The terminal levels of the decomposition include those products that are:

- Significant in the specificity of the requirements;
- Measurable and verifiable, because both the variables and the parameters that define the product to carry out, allow the exact and univocal surveying of the progress meter;
- Manageable, because susceptible to the allocation of the resources needed to their production;
- Identifiable, because assignable to a determinate subject, that, from that moment on, will be responsible for the outcomes.

The products that meet these characteristics are defined elementary products. [7][8]

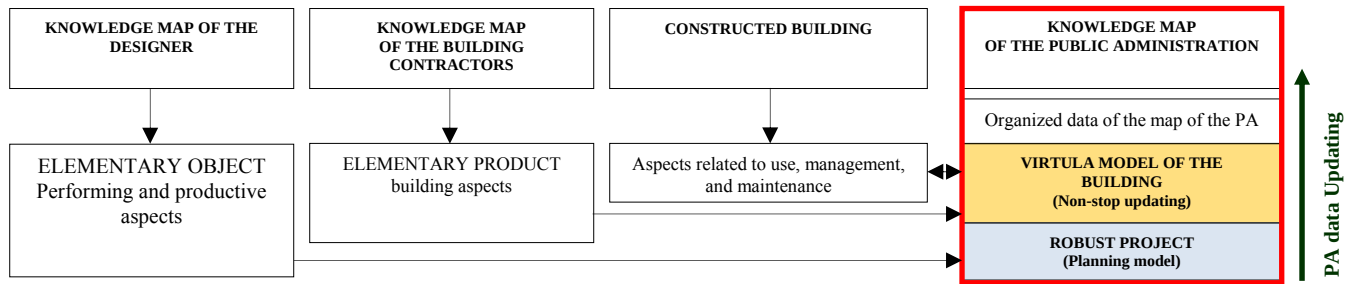


PICTURE 2
HIERARCHICAL DECOMPOSITION DIAGRAM (P.B.S.)

The decomposition level, which the elementary product belongs to, allows an effective management and control of the process in regard to the economic, temporal, and quality aspects. A further decomposition would subdivide the elementary product in its constituent elements, leading to a loss of its identity as a building component, which is the elementary product's primary characteristic. The definition of *traditional feasible project* is in contrast with the concept of *robust project*, which is made up of the totality of the elementary products singled out for the specific building object and correlated by a productive simulation. So the project becomes the conception of a building object in relation to the production possibilities and methods, and to its employment and maintenance. This means that, starting from the PBS, the interrelations among the different products are singled out making explicit the connection typology and the conditionings during the object carrying out. Therefore the robust project does not only take the shape of the sum of elementary products, but also the shape of an organized structure of elementary products.

3. KNOWLEDGE MAPS IN THE PUBLIC BUILDING PROCESS

The defined elementary product represents the basic unit of the knowledge maps of the different actors of the public building process. Each map is oriented towards different needs and requirements, and in each one of them the knowledge related to various aspects of the same elementary product is recorded and capitalized.



PICTURE 3
THE CONTENTS OF THE ORGANIZED DATUM IN THE MAP OF THE PA

Going into details:

- **The knowledge map of the designer** includes the elementary products defined in terms of performing and productive aspects. Through the support of the knowledge map, the designer identifies the elementary products that supply the fittest solution to meet the requirements table made explicit by the PA, according to the robust project.
- **The knowledge map of the building contractors** includes the elementary products defined in the purely building aspects: the building contractors aim at associating each elementary product to the activities required to its accomplishment, rationalizing both the resources and the building time and capitalizing the knowledge related to the outcomes[9];
- **The knowledge map of the PA** also proves to be structured on an elementary product basis. It supports the queries related to the decision-making stage, to the project evaluations, and to the control of the procedures to select the building contractors and to construct the building. Further queries also allow the retrieval of management and maintenance aspects of the building in use.

The graph shows that, with the progress of the public building process, the map of the PA progressively grows richer and richer of contents registering:

- The defined requirement table;
- The documents preliminary to the explicit designing;
- What defined by the robust project (organized in a virtual model of the building);
- What capitalized during the work carrying out, and according to the virtual model updating;
- Data, information, and knowledge required to the effective management and maintenance of the buildings;
- Knowledge that concerns the updating of the virtual model of the building, and that is related to the interventions carried out on it after the accomplishment of the construction.

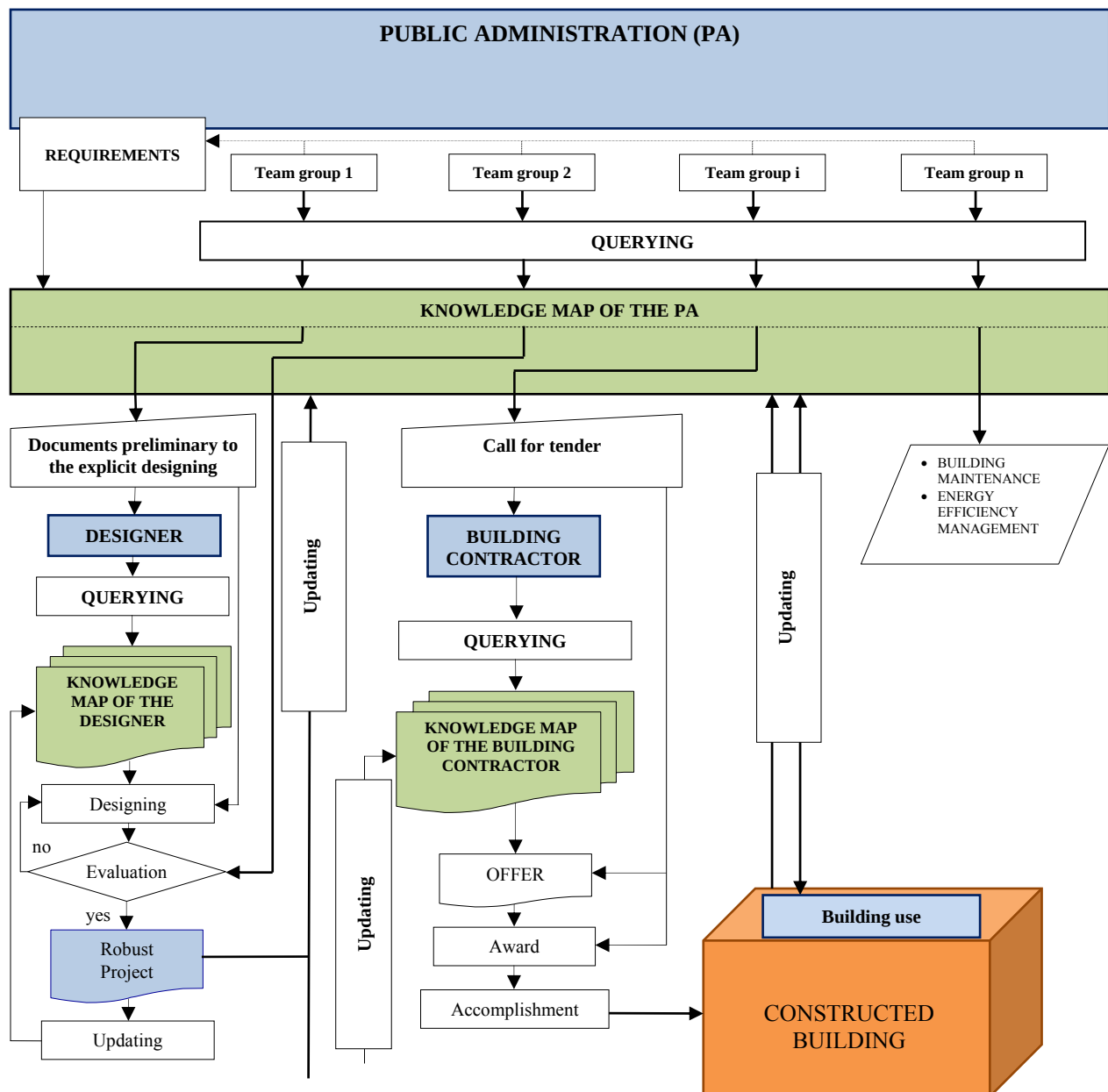
3.1 The Energy Efficiency of the Public Buildings

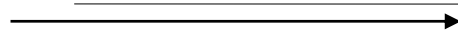
An optimum and excellent employment of the previously illustrated map of the PA, is fully realized in the management of the energy aspects of the public building property. The increased environmental sensitivity and the progressive exhaustion of the traditional energy sources has produced a high rise of the costs of such sources[10]. At global level the developed measures consist in policies of containment[11] focused on binding regulations which also concern the designing and the carrying out of the buildings. At local level there are different outcomes in the research field [12]. At the moment a lot of attention is given both to alternative energy sources

and, in the building production field, to the development of new construction technologies and new production cycles that are oriented towards cost minimization in the heating and cooling system of the building. The target is limiting and controlling the energy requirements in order to reduce the consumption of energy while keeping the thermic comfort conditions unchanged. The energy efficiency is a key factor in the construction and management of public properties (schools, hospitals, theatres, etc.): their size and the developed activities are elements that classify such buildings as *energy eaters*. At the moment the PA has not reached an acceptable control level of the energy efficiency aspects for public buildings mainly because of:

- Poor consolidated knowledge;
- High quantity of information, which are redundant, neither up-to-date nor correlated;
- Poor integration among the subjects of the process.

4. THE MODEL OF THE PUBLIC BUILDING PROCESS





PICTURE 4
MODEL OF PUBLIC BUILDING PROCESS

In order to achieve a considerable improvement in the energy efficiency management, it is absolutely necessary to re-examine the whole process and to invest on up-to-date and progressive forms of control of the numerous variables at stake. Furthermore a cultural growth of all the involved subjects is to be hoped. In this section we propose a model of the public building process that aims at these targets.

4.1 Time (T_1): Decision-Making and Planning Stages

The PA makes explicit the requirements table which is created according to heterogeneous data collected and analyzed by the different subjects of the public organization, also using some data related to existing buildings. Such data, combined with the knowledge map, allow the use of introductory documents that, providing precise characteristics on the building components, enable the definition of a fixed thermic balance of the public building. Thanks to such information, the designer elaborates a robust project, which is the sum of interrelated elementary products, whose technical characteristics respect the bonds and satisfy the particular explicit requirements. The carrying out of the robust project through virtual data processing models allows, thanks to functional simulations, the control of the energy balance and of such bonds. At this stage the use of elementary products highly facilitates the dialogue between the designer and the PA: the replacement of one of them in the model permits the comprehensive control of the building thermic balance at any time. According to the contents of the elaborated robust project, the following activities will be implemented the updating of the knowledge map of the designer, the updating of the knowledge map of the PA, the starting up of the implementation process.

4.2 Time (T_2): Building Stage

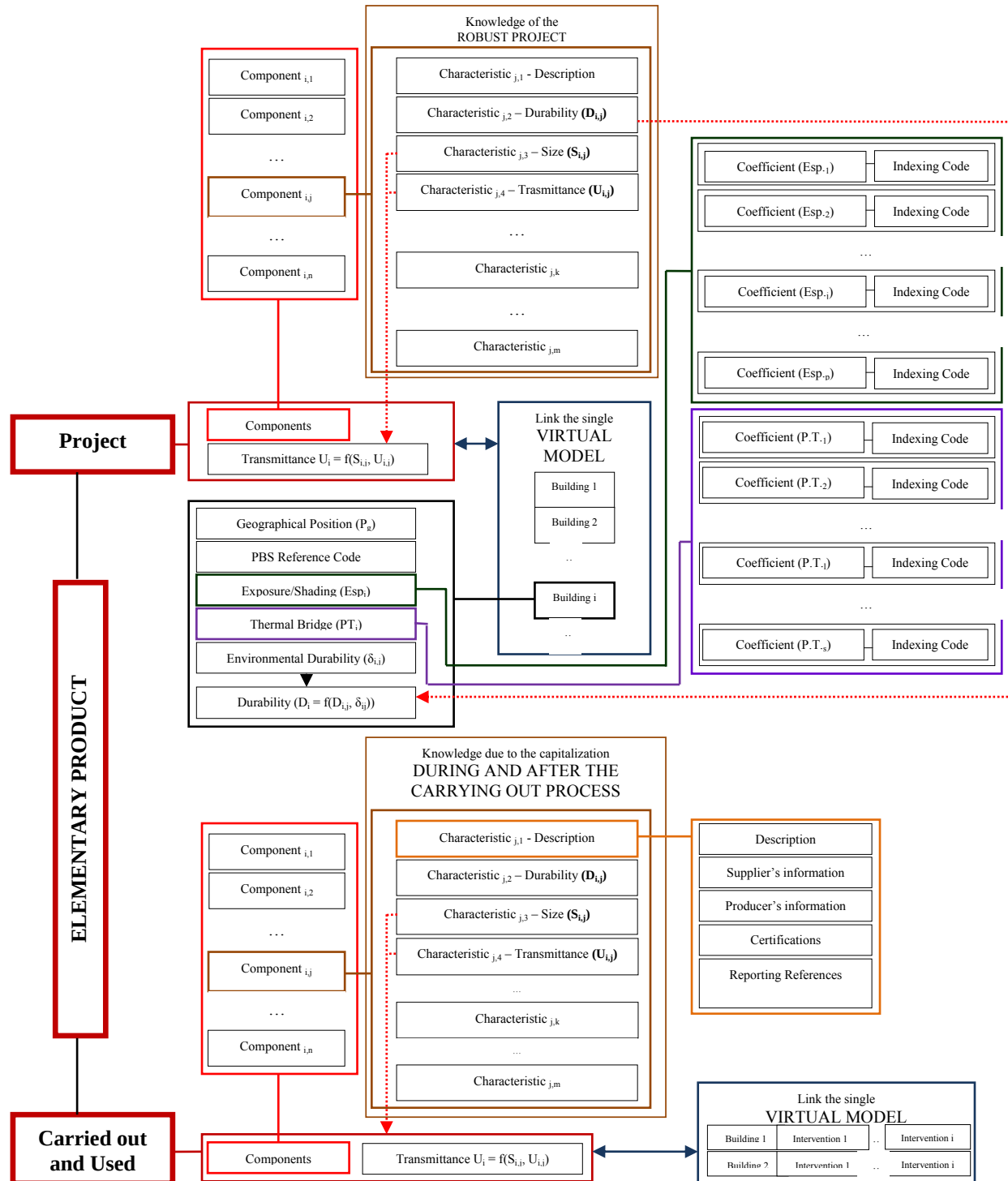
After concluding the planning stage and after capitalizing the robust project in the knowledge map of the PA, the next step consists in querying the knowledge map of the PA in order to rapidly obtain data, information, and knowledge to define a call for tenders for the building object to carry out. The building contractors that submit a tender, make a technical and economic offer. Therefore they identify all the activities required to implement and carry out each elementary product, so the building itself. Using company knowledge maps it is possible to define the nature, the importance, the commitment of resources for the specific contract, the production techniques, the term of work, and the total costs. The capability of a company to process the data, and the knowledge used and produced during its own activity, and the capability to capitalize and reuse them, are the key elements to develop and favour the competitiveness of a company organization. Through the models of company process called *Best Practice*, capitalized *in-itinere*, the company makes use of the *a priori* known knowledge in order to correctly estimate the interventions to carry out. Carrying out the work, the map of the PA has to be constantly updated. The knowledge related to the technical solutions and to the materials used in the building process have to be capitalized in the virtual model, also if they vary from what provided in the robust project. The knowledge of the map is not only an up-to-date and reliable source, but also a starting point to manage and maintain the whole public building property of the PA.

4.3 Time (T_3): Management and Maintenance of the Public Building Property of the PA

The dilapidated state of the buildings makes the planning of ordinary and/or extraordinary maintenance necessary. Such a necessity becomes of primary importance considering that the energy efficiency of the building system is heavily influenced by the condition of its components (elementary products); it follows that the registration of all the information connected to each particular building gives constant reliability and dynamism to the map of the PA. Therefore the

map proves to be the instrument that, through various querying procedures, permits an effective technical control during the building use and an economic planning for the building maintenance and a maintenance scheduling. Through a distinct access to the capitalized knowledge, the different operators of the PA will be able to develop specific management programs.

5. STRUCTURE OF THE DATUM OF THE KNOWLEDGE MAP OF THE PA



PICTURE 5

OUTLINE OF THE CORRELATIONS AMONG THE DATA OF THE KNOWLEDGE MAP

Going deeply into what has been defined as the organization stage of the PA knowledge, the above scheme represents a first hypothesis of knowledge map structuring in the energy control field. The knowledge is considered as different elementary products of the interventions to carry out that, from time to time, the PA has to deal with. Each elementary product is associated with two fields: one is linked to the parameters that identify, in the project, the elementary product itself; the other is linked to the parameters that identify it in the carried out building. For each elementary product, such an approach allows the registration of the significance knowledge both implied in the project, and linked to what has been really carried out. Therefore, it is also possible to register the information related to the needed periodical interventions to guarantee a correct use and a suitable maintenance of the building for which the approach has been developed. The implementation of the above knowledge will be carried out registering various heterogeneous parameters; consequently there is the need of defining an elementary record which in the basic unit of the map: inside it, the links and relations among the single parameters will be structured.

A query - through elementary products - of the knowledge map of the PA, provides both data and synthesis information concerning the energy control of a single part of the building. In fact, on the basis of the elementary product characteristics, the knowledge - registered in the form of an elementary product - permits that a new configuration of its components has not to be redefined every time it is used. Such a methodology allows, through a dynamic fruition of the information related to the heat loss due to a fixed elementary product, to pair outcomes of different elementary products in order to evaluate the thermal bridges.

The quantity of heat dispersed in the thermal bridges can be quantified through a calculating tool. The operation is not precise because of the difficulties concerning the synthesis of the different interfaces between the building elements.

On the contrary, saving the data related to each single record – or elementary product – in a knowledge map allows a fast and effective control in the decision making process of the different energy aspects of the building, during both the planning, and management level.

Thanks to the first analyses of some practical applications of the energy aspects carried out on a mathematical model of some buildings, the heat loss, owned to thermal bridges, has been quantified around 40% . The reported structure of the records permits the use of knowledge maps that can rapidly define the heat loss aspects of single parts or of whole buildings.

6. CONCLUSION

The present work, based on the implementation of a knowledge management system in the public building process field, has led to the definition of an instrument to collect and share the peculiar knowledge of the PA. Thanks to the use of the map contents, the PA will be able to make use of the known contents to reaffirm its role as the coordinator of the whole carrying out process of the public work, from its conceiving to the following stages of carrying out, use, and maintenance. Therefore it will be possible to optimize the management of the energy aspects of the whole public building property. The development of the concept of *elementary product* as the basic unit of the knowledge maps has led to a common protocol through which the efforts of all the subjects involved in the particular building process can be coordinated. Facilitating a cooperative and dynamic relation among them is the expected outcome.

Consequently, the advantages of such an approach can be summarized as follows:

- The support to the energy efficiency planning in each new building work, with the possibility to access a historical database of similar successful interventions; in this way the margin of error estimating the energy balance of the future buildings is reduced;
- The accomplishment of a real and concrete coordination among the different subjects of the public building process;
- The implementation of an instrument to plan the maintenance of the buildings, in order to guarantee a constant energy efficiency.

It is fundamental to clarify that the proposed project refers to new public buildings and therefore the existing public building property of the PA is excluded from what has been developed up to now. As a matter of fact an effective containment policy of the energy consumption also provides for the requalification of the existing buildings, that at the moment are the real *energy eaters*. The poor and lacking efficiency of the existing public building property is due to the fact that most part of it was built when no regulations on energy efficiency provided for such cases, and to time deterioration that reduced the building system efficiency and that it is caused by lack of maintenance.

The future plans related to what has been developed in the present work show that the knowledge maps will prove to be the instrument to capitalize the knowledge through virtual models of the existing public building property. The implementation of such models – making use of the data, of the related management software, and of the defined elementary products - will lead to the definition of a complete and functional knowledge map of the PA, capable of applying effective policies of energy efficiency.

The development of the concept of elementary product is therefore linked to the implementation of the technological infrastructure to operate and run the knowledge map of the PA: a software platform that, operating in a shared and cooperative environment, supports the elicitation and sharing of the structured knowledge.

7. REFERENCES

- [1] Argiolas C., Quaquero E. “Organizzazione di una base di conoscenza architettonica a supporto della progettazione”, Argiolas C. “Forma, tecnologia, sostenibilità e progetto: un approccio integrato alla produzione dell’involucro”. Gangemi Editore, 2004
- [2] Argiolas C., Dessi N. “An Object Oriented Database for Architectural Project Management”. In atti del DEXA 90 – Vienna 29-31/08/90 International Conference on “Data Base and Expert Systems Applications” (DEXA 90) A.M.Tjoa and R. Wagner (eds) Berlino Springer-Verlag, 1991
- [3] Argiolas C., Dessi N., Meloni R. “A service based framework enabling collaborative construction”, international symposium proceedings “Costruction in the XXI century: local and global challenges joint”. Roma, 2006
- [4] Argiolas C., Dessi N., Fugini M.G: "Modelling Trust Relationships in Collaborative Engineering Projects", eCOMO, 7th International Workshop on Conceptual Modelling Approaches for e-Business,. Klagenfurt, Austria, Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP) Springer, April 2008.
- [5] Wiig K. "Introducing Knowledge Management into the Enterprise", Knowledge Management Handbook. J. Liebowitz (Editor). CRC Press LCL, Boca Raton (FL), 1999
- [6] Nepi A. “Introduzione al project management. Che cos'è, come si applica, tecniche e metodologie”. Edizioni Angelo Guerini e Associati S.p.A., 1997
- [7] Argiolas C., Sanna I. “Un metodo per la definizione di prodotto elementare”, Argiolas C. “L’edilizia disegnata dal Decreto Legislativo n.163 del 2006: Analisi dei punti critici per gestire la complessità”. Cagliari Lithos Grafiche Editore, 2008

- [8] Argiolas C., Melis F., Quaquero E. “Il prodotto elementare nella pianificazione della sicurezza”, Argiolas C. “L’edilizia disegnata dal Decreto Legislativo n.163 del 2006: Analisi dei punti critici per gestire la complessità”. Cagliari Lithos Grafiche Editore, 2008
- [9] Argiolas C., Melis F., Quaquero E.: "knowledge Management as a Safety Management Strategy in Building Sites", Joint CIB Conference W102 Information and Knowledge Management in Building W096 Architectural Management. June, 2008
- [10] Cettina G. “L’efficienza energetica degli edifici. Principi di sostenibilità e strumenti gestionali e di mercato”. Edizioni Il sole 24 ore Pirola, 2006
- [11] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings transposed in Italy with "Decreto Legislativo n. 192/2005" and "Decreto Legislativo n.311/2006".
- [12] Jayamaha Lal “Energy efficient building systems. Green strategies for operation and maintenance”. MacGraw Hill Book Co, 2007

DYNAMIC MODEL OF BUILDING CONSTRUCTION COMPANY

Dalibor Vytlačil (1);

(1) Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering
Prague, Czech Republic, 16629, vytlacil@fsv.cvut.cz

Abstract

The construction companies have to manage the amount of the projects that should be adequate to the capacity of the company. It is very difficult task because the companies exist in the changing external and internal environment. The good project management is the important part of the whole management in the project oriented companies. The paper presents the dynamic models that describe the company as a system dynamics model. The developed models investigate the influence of the model structure and the input values on the main output parameters. The main subsystem of the models is the supply line of project tasks. It includes the project tasks that have to be done and the finished tasks. The changes between these stocks are influenced by the flow assessed from the amount and the quality of the resources. In this case the main resource is manpower and the complementary resource is a component supply line. Another subsystem in the models is the financial subsystem. The outputs from the computer simulations are time-dependent variables that are important for the evaluation of the system behavior. The changes of the output parameters during the certain time period it is possible to observe in the graphs that are calculated for different input parameters. The paper demonstrates the importance of the management structure - the information linkages in the project oriented companies, strategy in the manpower hiring, the consequences in the decision making concerning component or material supply and the capacity planning.

Keywords: Capacity planning, Computer simulation, Dynamic model, System dynamics.

1. PROBLEM DESCRIPTION

The Czech construction industry has been growing since 2000. The growth in year 2007 was 28% and the estimated growth for 2008 is about 6 – 10%. This rapid increase caused many problems in the sector. Main problems in past years were: overemployment and materials (components) shortage.

The development in this year will be influenced by the global financial crisis that will have impact on the construction sector. 16% of the construction companies expect the decrease between 0-5% and 15% the decrease of 6-10% [1].

This development encourages the development of new management method that can help to find the best decisions in the changing external environment. The environment is characterized by the dynamic changes of the parameters that can not be fully influenced by the companies.

The construction companies are project-based organizations. In these organizations, all activities center around the projects. Most models of the projects are based on the hard system approach, e.g. models for a time planning and a resource allocation [2]. There are quantitative and steady state models that omit feedbacks in the system, time delays, accumulations and nonlinearities. This approach creates the barriers for understanding the behavior of the complex dynamic system – the project and its environment.

2. METHOD

The described problems will be investigated by means of system dynamics. This method allows us to design the dynamic models that reflect the dynamic behavior of the complex

systems [3]-[4]. The method is used for solving problems in the large socio-economic systems as well as in the companies.

The system approach is depicted in Figure 1. The model designer builds the first version of the model that is tested. The goal of this stage is to find the structure and the parameters of the model elements that describe the real behavior of the system. The final version of the model helps to find the solution of the problem situation [5]-[6].

The elements in the system dynamics model are: stocks – the values of the main parameters in the system, flows – the elements that change the stocks, converters – auxiliary elements for the calculation of another parameters, linkages – connect all model elements. The linkages influence strongly complexity of the designed model. The model elements and the linkages create the feedback loops in the systems. It causes the problems in the prediction of the system behavior. The positive loops raising the stock parameters and therefore destabilize the system. The negative loops try to keep the parameters on the stable level and therefore these loops allow us to introduce the management processes to the model. The resultant behavior depends on the strength of all loops in the model.

The changes of stocks are described in (1). This equation is used for the calculation of all stocks in the system. Meaning of the stock element is different in every model and depends on the solved problem.

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - Outflow(s)] ds + Stock(t_0) \quad (1)$$

The system dynamics models help to find the solutions in the different fields. The applications were developed for the description of business cycles, project management problems, design of supply chains, corporate growth, quality management, maintenance management and many others [3].

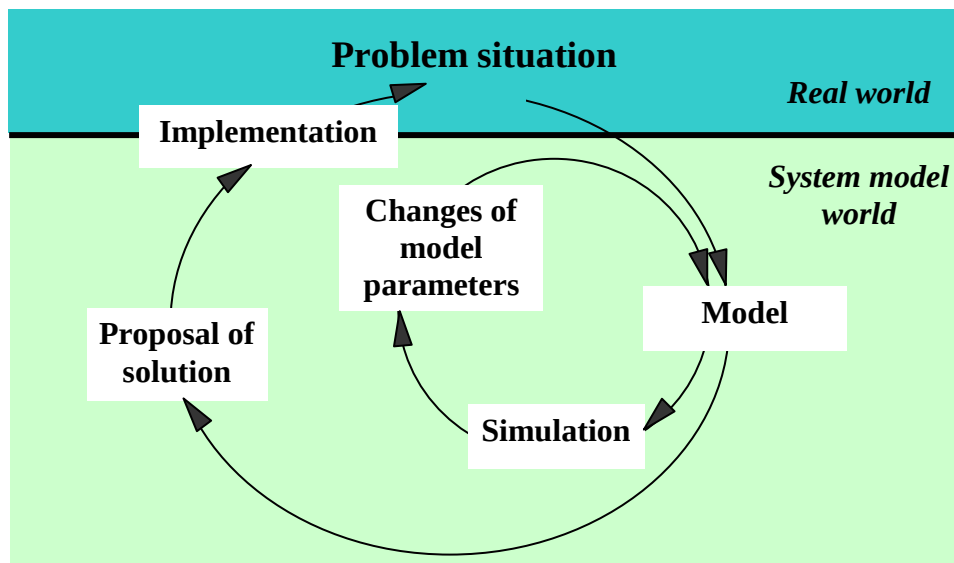


FIGURE 1
PROBLEM SOLVING PROCESS

3. DESCRIPTION OF MODELS

Two dynamic models have been developed. The first model is focused on the problem of manpower in the construction company. By means of this model it is possible to investigate the relationship between the capacity of the company and the amount of the project tasks. The model is drawn in Figure 2. The description of the system dynamics models for solving problems from project management field are in [7]-[10].

The main subsystem includes *task inflow*, *project tasks* that have to be done, *task processing* and *finished tasks*. These elements create the supply line of the project tasks. *New project task* element is random variable with the range 0 – 1000 new tasks per time unit. *Processing* element is influenced by the number of workers and by the quality that is considered as the productivity elements. The workers are separated into two groups – *new workers* and *skilled workers*. The amount of workers can be influenced by a recruitment rate of new and skilled workers. These stocks are also influenced by a leaving rate. The leaving rates in the model can be influenced only indirectly by means of salaries. The recruitment rates depend on the management decisions and are under the control of the company management. The manpower management and new projects gaining are the most important tasks in the project-based companies. Figure 2 also shows the linkages that connect the elements. There are the information links for ensuring the control of the firm.

Equations (2) - (6) describe changes of all stocks in the model.

$$\text{Cashflow}(t) = \text{Cashflow}(t - dt) + (\text{inflow} - \text{outflow}) * dt \quad (2)$$

$$\text{Finished_tasks}(t) = \text{Finished_tasks}(t - dt) + (\text{processing}) * dt \quad (3)$$

$$\text{New_workers}(t) = \text{New_workers}(t - dt) + (\text{recruitment_new_w} - \text{improvement_leaving_new_w}) * dt \quad (4)$$

$$\text{Project_tasks}(t) = \text{Project_tasks}(t - dt) + (\text{task_inflow} - \text{processing}) * dt \quad (5)$$

$$\text{Skilled_workers}(t) = \text{Skilled_workers}(t - dt) + (\text{improvement} + \text{recruitment_skilled_w} - \text{leaving_skilled_w}) * dt \quad (6)$$

The second model investigates the balance between the company capacity and the supplier capacity, see Figure 3. The main subsystem is the same as in the above described model. The supplemental subsystem is created by the supply line of the components. The problems rise as the consequence of unbalanced *processing rate* in the construction company, efforts for new projects (*new project tasks* element) and *production rate* of the supplier.

Both models are completed by the financial element (*cashflow*).

Equations (7) - (12) describe changes of the stocks in the second model.

$$\text{Cashflow}(t) = \text{Cashflow}(t - dt) + (\text{inflow} - \text{outflow}) * dt \quad (7)$$

$$\text{Components_on_way}(t) = \text{Components_on_way}(t - dt) + (\text{ordering} - \text{receiving}) * dt \quad (8)$$

$$\text{Components_inventory}(t) = \text{Components_inventory}(t - dt) + (\text{receiving} - \text{consuming}) * dt \quad (9)$$

$$\text{Finished_tasks}(t) = \text{Finished_tasks}(t - dt) + (\text{processing}) * dt \quad (10)$$

$$\text{Inventory_of_finished_components}(t) = \text{Inventory_of_finished_components}(t - dt) + (\text{producing} - \text{ordering}) * dt \quad (11)$$

$$\text{Project_tasks}(t) = \text{Project_tasks}(t - dt) + (\text{task_inflow} - \text{processing}) * dt \quad (12)$$

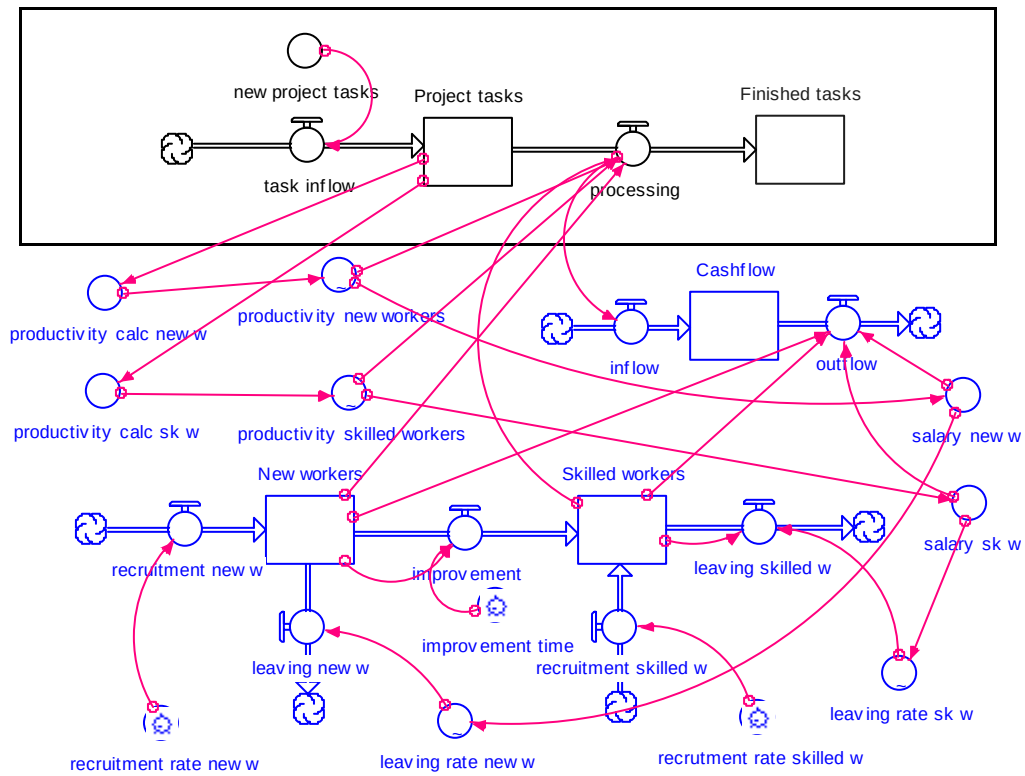


FIGURE 2
DYNAMIC MODEL - PROJECT TASKS / MANPOWER

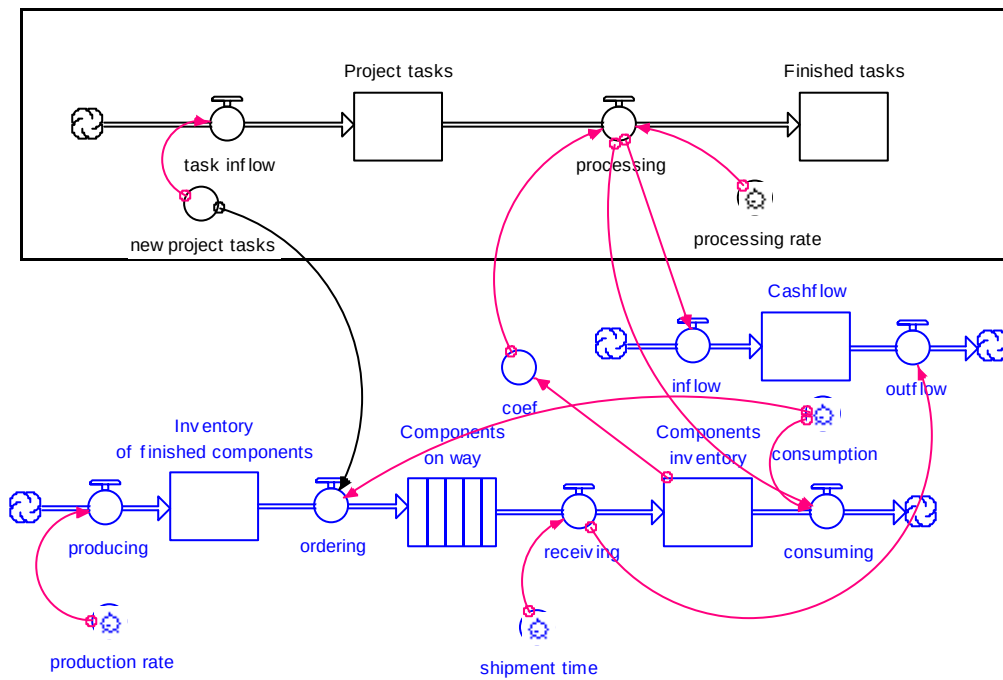


FIGURE 3
DYNAMIC MODEL - PROJECT TASKS / COMPONENTS

4. EXAMPLES

The examples of the outputs from the simulation are presented. The models are designed in the simulation program Stella. The program can calculate the changes of all variables in the model. Next figures present examples of the most interesting variables in the problem. Two cases were tested in the model *Project tasks/Manpower* (TM). The cases are different in the input parameters *recruitment rate of the new workers* and in *recruitment rate of the skilled workers*. In case one these values are 30 and 2. In case two input values are 18 and 5, it means, more skilled workers and less new workers is hired.

The resultant values are drawn in Figure 4 and in Figure 5. The second case can be considered as better recruitment policy because the task processing is nearly the same but the amount of leaving skilled people is the lower figure and also it ensures better financial performance - cash flow parameter is still growing.

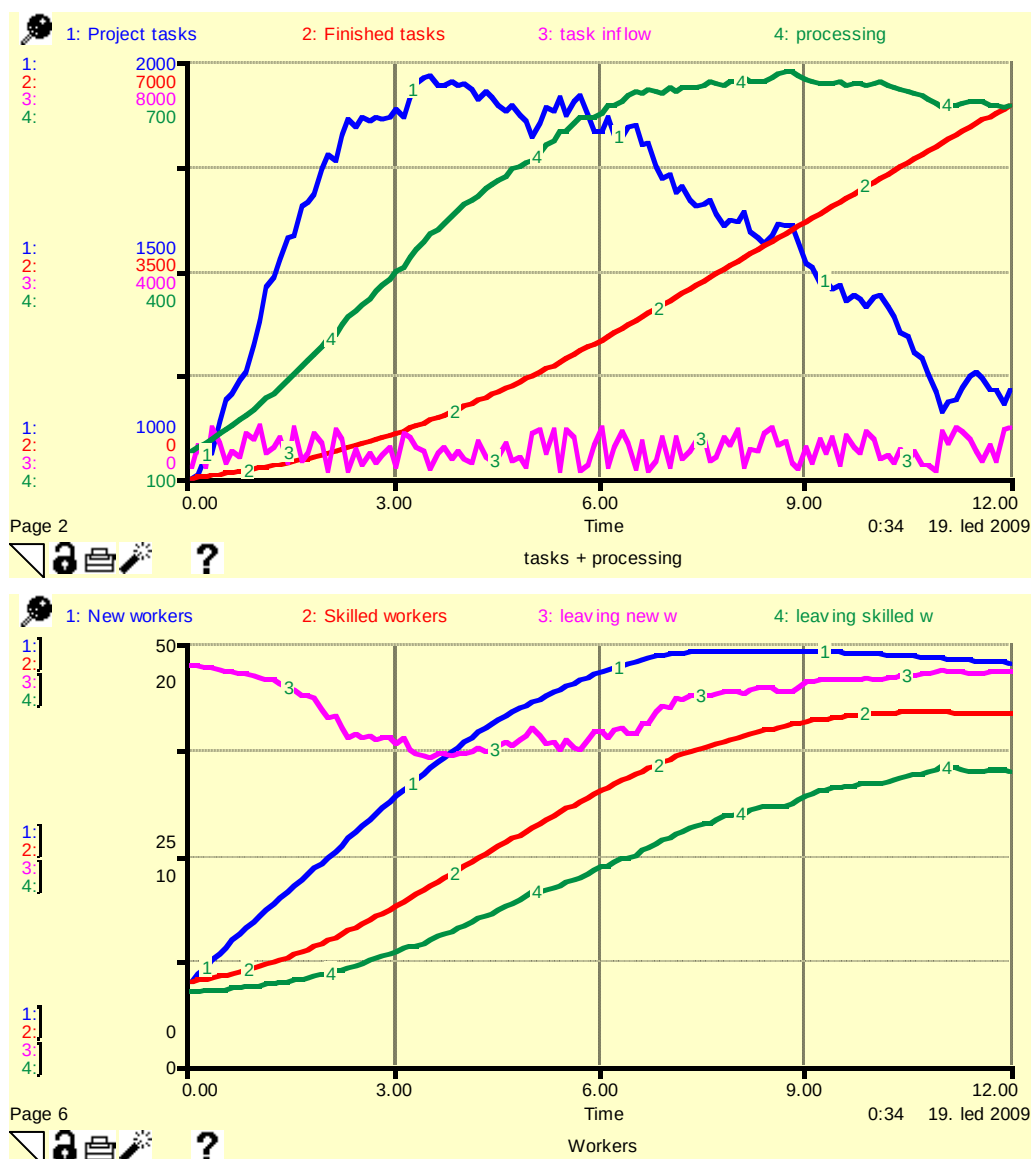


FIGURE 4
OUTPUT VALUES – MODEL TM CASE 1

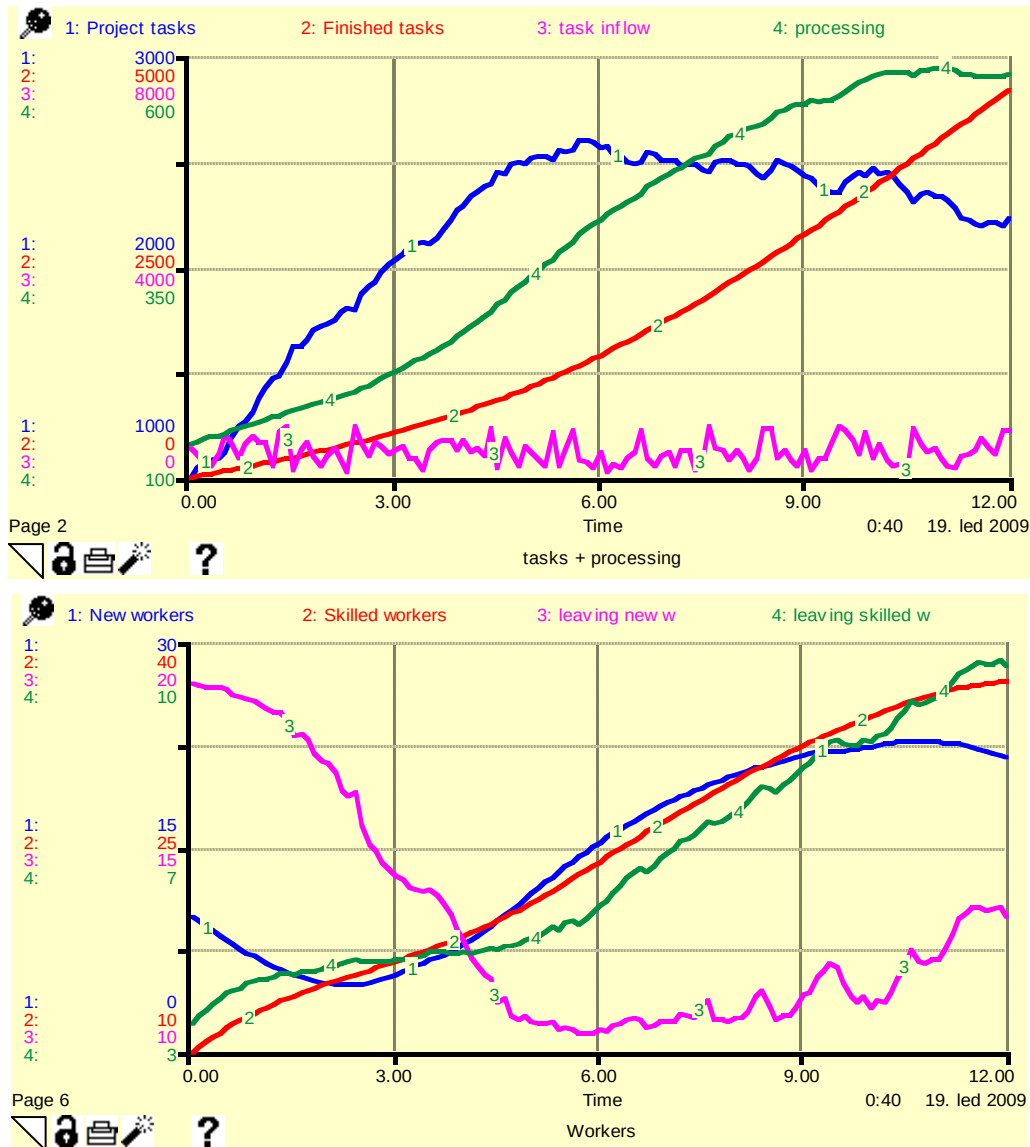


FIGURE 5
OUTPUT VALUES – MODEL TM CASE 2

Two cases are calculated also for the second model (TC). In the first case the company wants to employ the maximum capacity and therefore try to gain high number of contracts. The processing rate is 500 tasks per time unit and the peak of the gain contracts is 1000 project tasks. The resultant values are in Figure 6. It is possible to observe the problems caused by this strategy. The processing value in certain time period drops to zero because the inventory of the components was ran out. This is the result of the low production rate of the component supplier, but in the real situation, it can be caused also by other problems with the material/component supply line.

In the second case the processing rate is 350 tasks per time and the peak of the gain contract is 750 tasks. It means, the company does not take part in so many tenders as in the first case. The consequences of this strategy are seen in Figure 7. The processing value is stable and the inventory of components is on the sufficient level.

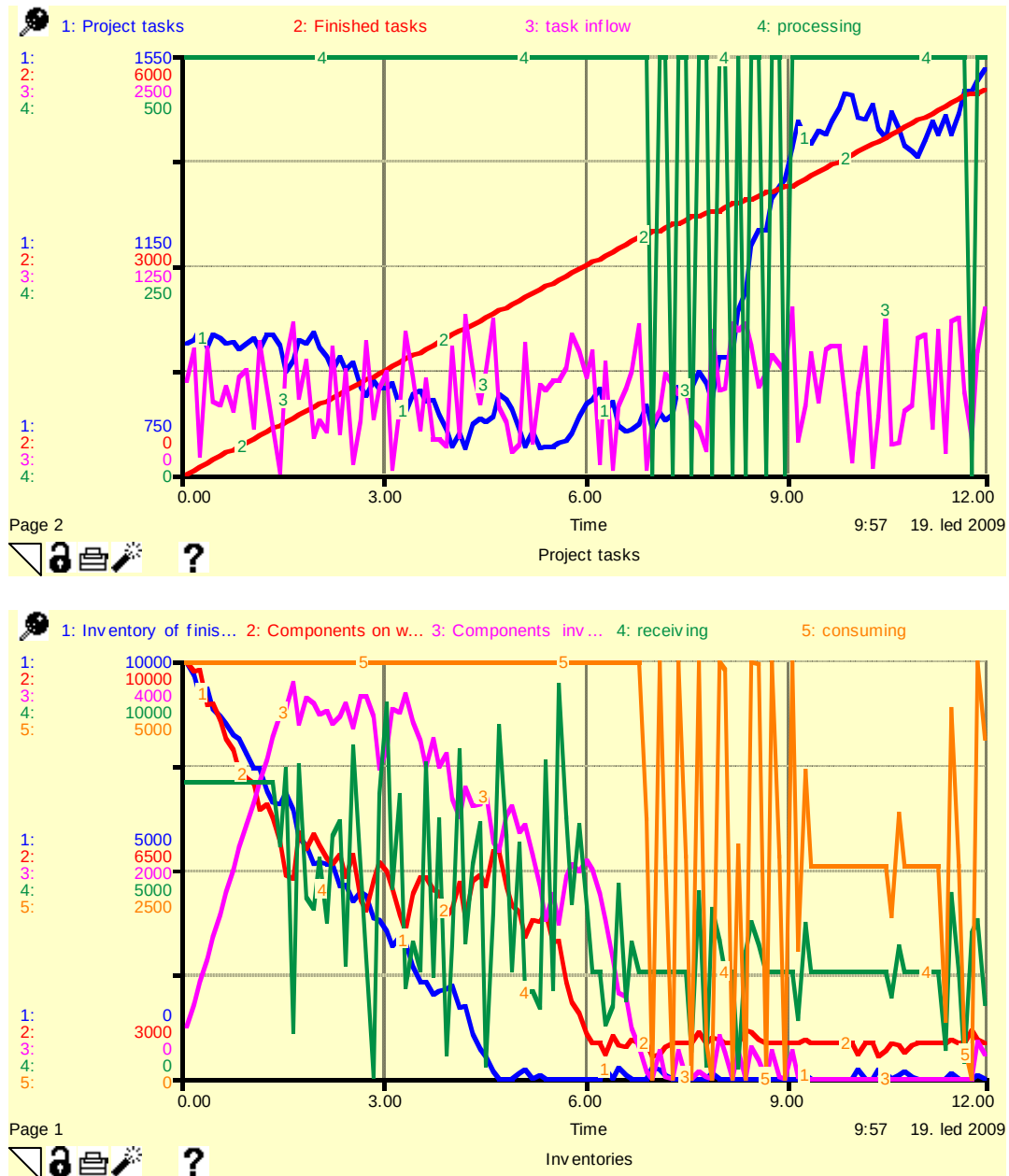


FIGURE 6
OUTPUT VALUES – MODEL TC CASE 1

5. CONCLUSIONS

Two models and the output parameters from the simulations were presented. These models represent typical problems that are solved in the construction companies. In the real situation, more aspects influencing the proposed solution will be considered. The models manage hard part of the problem but the real world problems include also many soft aspects that have to be considered for finding the solution for the implementation.

The main contributions from using system dynamics models:

- It makes possible to understand the dynamic behavior of the complex system such as the company and its environment (customers, suppliers, competitors).

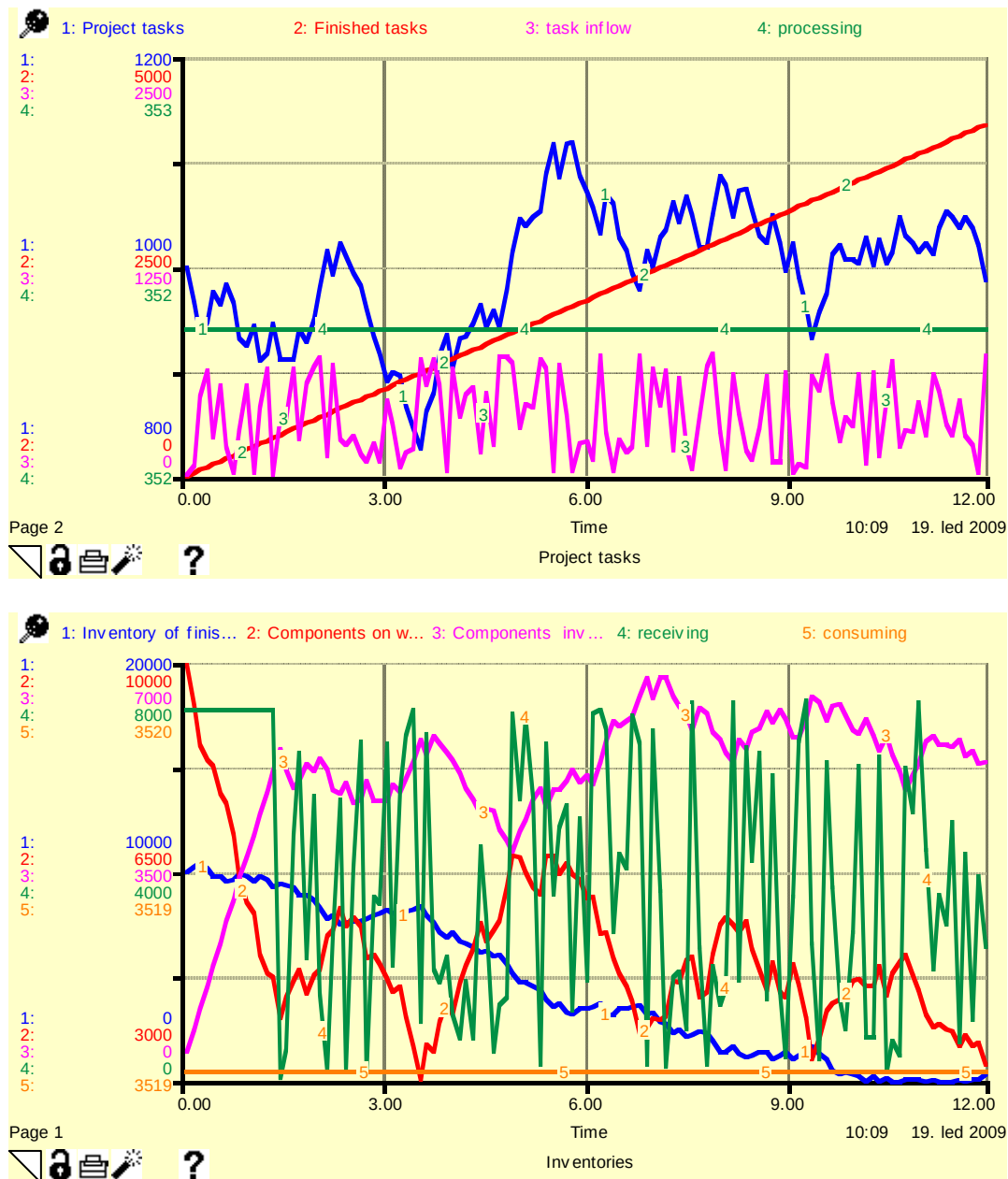


FIGURE 7
OUTPUT VALUES – MODEL TC CASE 2

- It reduces time needed for understanding the system behavior compare to the observation of the real system.
- It saves money. The wrong decision can cause the damages only in the virtual world.
- It helps to make new knowledge. This knowledge is derived from the simulation outputs but also from the process of the simulation, see Figure 8. The design of the model makes possible to identify the principles of the investigated problem.
- The simulation program is a good tool for teaching. It brings new experience for students in the universities.
- The system dynamics method is the good approach for policy testing in the economic systems. The models can improve the decision making process.

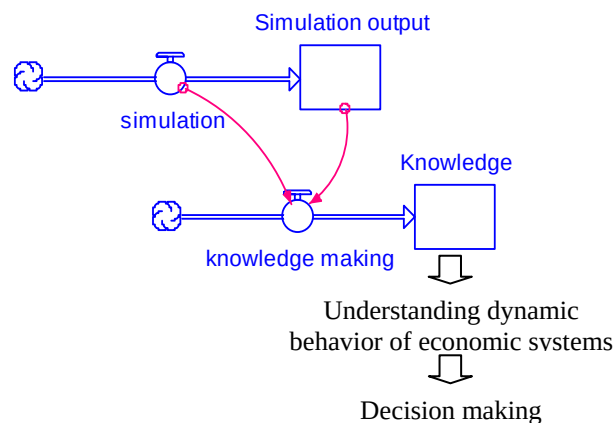


FIGURE 8
PROCESS OF KNOWLEDGE MAKING

The main contributions for the building construction companies:

- The models help to predict the changes of the market.
- The results of the simulation are used for the design of the company strategy. The models are able to assess the stage of the business cycle as well as to recognize bubbles in the markets.
- It is useful tool for the capacity planning that is very important issue in the project-based companies.
- The models makes possible to find out the influence of the material suppliers on the project.

The paper presents the ability of system dynamics to design systems where the more attention is focused on the feedback processes that use information. These information linkages create the basis for modeling the management decisions. The use of system dynamics is supported by user friendly software that makes easy to design the dynamic model and to perform the simulation. The calculated outputs and the whole process of the model design bring new information and experience.

ACKNOWLEDGMENT

This research has been supported by MSMT grant 6840770006.

REFERENCES

- [1] *The Czech Construction Qualitative Study 2008*, KPMG, 2008
- [2] Kerzner, H, *Project Management – A System Approach to Planning, Scheduling and Controlling*, Wiley, 2006
- [3] Sterman, J, D, *Business Dynamics – System Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill, 2000
- [4] Richmond, B, M, *An Introduction to System Thinking*, High Performance Systems, 2001
- [5] Blanchard, B,S, *System Engineering Management*, Wiley, 2008

- [6] Gharajedaghi, J, *System Thinking: Managing Chaos and Complexity*, Butterworth-Heinemann, 1999
- [7] Kunc, M, Achieving a balanced organizational structure in professional services firms: some lessons from a modeling project, *System Dynamics Review*, Vol. 24, No. 2, 2008, pp. 119-143
- [8] Sterman, J, D, Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment, *Management Science*, Vol. 35, No. 3, 1989, pp. 321-339
- [9] Lyneis, J, M, Ford, D, N, System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research, *System Dynamics Review*, Vol. 23, No. 2/3, 2007, pp. 157-189
- [10] Repenning, N, P, A dynamic model of resource allocation in multi-project research and development systems, *System Dynamics Review*, Vol. 16, No. 3, 2000, pp. 173-212

APPRAISAL OF KM COMPETENCIES TO INCREASE THE STEEL STRUCTURES SAFETY VIA MITIGATION OF FAULTS OF WELDING DUE TO AMPLIFICATION OF TECHNICAL KNOWLEDGE

Mohammad Hossein Hajikarimi (1); Abbas Ali Hajikarimi (2); Mohammad Amin Ghalambor (3); Babak Bahaddin (4); Payam Hosseini (5)

(1) Sharif University of Technology, MH, Hajikarimi@civil.sharif.edu

(2) Management department of Shahid Beheshti University, A-Hajikarimi@sbu.ac.ir

(3) University of Shahid Beheshti, Aminghalambor@gmail.com

(4) Sharif University of Technology, Bababak_bahaddin67@yahoo.com

(5) Sharif University of Technology, P.Hosseini@civil.sharif.edu

Abstract:

Due to the nature of construction industry and being project based, it is extremely depended on workers. Materials using, project time and quality of processes is deeply related to workers ability, experience and knowledge. Despite existing regulations most of the structures don't have suitable detailed executions in both design and construction level. The steel structure is a considerable part of the construction and most of its problems relate to different kinds of faults and weaknesses in connections and one of the common kinds of connections is weld connection, so welding becomes so significant in building executions. On the other hand the welder performance has a great effect on weld quality so by increasing the welder skills and knowledge, the faults in weld connections and consequent hazards can be reduced but it takes a long period of time and experiment for an amateur welder to become a professional one. Knowledge Management (KM) ability facilitates gaining information and skills, increasing welder's proficiency, quality of welds, and consequently steel structure safety. In this research By using APQC's KM maturity model, Delphi technique and statistical analysis main categories including "Welding Technique", "Electrode Properties", "Educational Condition", "Electricity and Amperage Condition", "Environment Condition", "Welder Hand Movement" and "Human or Other Reason" was obtained that comprise 22 factor related to welder performance. At last it's recommended to develop KM strategies in construction firms across these factors.

Keywords: Knowledge Management, Quality of Weld, Steel Structures Safety, Welding, Welding Skills

1. INTRODUCTION

The construction industry is recognized as being poor at learning on a consistent basis and improving performance and is notoriously slow in adapting to progressive change (KLICON 1999) [1]. In today's business environment, knowledge is considered to be the most important driver behind sustained competitive advantage [2]. Organizations have high expectations for KM to play a significant role in improving their competitive advantage [3]. The need to consciously manage knowledge in an organizational setting is now recognized as important to increasing the Steel Structures Safety via decreasing of faults of welding and client satisfaction. It is accepted that there may be much greater potential for KM within individual companies. Despite the recognized need to adopt KM, it is considered to be in its infancy in the construction industry and is seen as a recent and evolving practice for construction organizations [4]. The most valuable form of knowledge to construction organizations is tacit, accumulated experience of construction professionals, which manifests itself through social interaction [5]. In this context, immunizing structures regarding welds connection is the main subject of the paper. The research has confirmed the need for a more coherent approach to manage knowledge and has highlighted a lack of understanding of KM and it's principles within the organizations involved.

2. THE DEFINITION OF KNOWLEDGE MANAGEMENT

In general, knowledge can be divided into two divisions. One is explicit knowledge; the other is tacit knowledge [6]. According to Carlson W. Floyd (1999) (“A guide to Planning A Knowledge Management System”), Knowledge management is a formal process of determining what information a company has that can benefit others in the organization and making the information easily available for those who need it. The process includes formal procedures to collect such information as lessons learned during a project’s execution, the best practices done throughout the organization, a well established infrastructure, networks for transferring knowledge between employees, and tools to facilitate the process. Once the process captures the organization’s knowledge, the real power occurs when the users utilizing the information use it by putting the shared into action. [7]. In this study we used APQC’s KM maturity model which provides a road map for moving from immature, inconsistent knowledge management activities to mature, disciplined approaches aligned to strategic business imperatives. The KM is integrated with APQC’s Stages of Implementation™ so that implementation at each stage provides a foundation of success and a launching pad to the next stage [8].

LEVEL 1: INITIATE: This is the most basic stage of maturity at which most organizations begin their knowledge management journey. At this stage, the organization lacks consistent processes or practices for successfully identifying, capturing, sharing, transferring, and applying its core knowledge. The key characteristic of a Level 1 organization is random and informal knowledge sharing and transfer that, in turn, yields no impact to the business. In order to move quickly through this stage of KM maturity, the following objectives should be communicated and acted on:

1. Explain knowledge management in a way people in your organization can relate to;
2. Create a compelling picture of what is possible to achieve in terms of business outcomes;
3. Expand interest and understanding among key stakeholders and senior leaders; and
4. Look for areas of the enterprise that will benefit from the flow of knowledge.

LEVEL 2: DEVELOP: The primary focus during this second stage is to establish the first iteration of a KM strategy. The strategy for KM should link tightly to the enterprise’s business strategies and objectives and should identify business opportunities to apply knowledge sharing and transfer approaches. The opportunities and value of those opportunities should be assessed and clearly documented in a business case. The business case should provide the calculation of a return on investment (ROI) that includes investments and valuation of assumed benefits that can be measured by undertaking KM projects focused on the work of the business. The objectives to create a Level 2 KM capability include:

1. Develop KM thought leadership and buy-in;
2. Create and build support for the integrated KM strategy;
3. Select and secure buy-in for business opportunities to test KM approaches and tools; and
4. Find resources to support the initial KM initiatives.

Governance and sponsorship are critical success factors for ensuring successful movement through Level 2 activities. Senior-level support is important for establishing executive

accountability for performance of the organization's knowledge management activities and for sponsorship of the KM strategy and program to improve the organization's processes.

LEVEL 3: STANDARDIZE: The primary focus at Level 3 is to manage the KM strategy and processes and approaches identified and defined in Level 2. At this stage, the KM team often evolves into a KM Center of Excellence with oversight responsibilities for the KM approaches and processes. Oversight includes identifying opportunities to apply select KM approaches and processes, securing funding and resources for the pilots, marketing and communicating the strategy, implementing a change management strategy, and refining the KM approaches and processes into standard, replicable methodologies. Key activities during this third stage include:

1. Manage the KM approaches and processes so that they are standardized and replicable;
2. Design and implement pilot opportunities;
3. Capture lessons learned for continuous improvement to the methodologies; and Communicate and market the KM methodologies.

LEVEL 4: OPTIMIZE: By Level 4, the foundations for KM have been established and standardized. Level 4 involves expanding KM initiatives throughout the organization by leveraging the standardized KM approaches and processes (aligned with the KM strategy). At this stage, the organization's KM approaches and processes should work together to create a powerful organizational capability. The primary objective at this stage is to develop and market an expansion strategy leveraging the standardized KM processes and approaches. Tangentially, the organization will also need to manage the growth resulting from that expansion. Key activities for Level 4 include:

1. Develop an expansion strategy, leveraging standard KM methodologies across the organization and expanding to new divisions or functional areas;
2. Manage the growth and control the confusion that may come from leveraging these methodologies across the organization; and
3. Continue to communicate and market the KM methodologies.

LEVEL 5: INNOVATE: When an organization reaches Level 5, leaders are beginning to count on KM capabilities to support the business strategy and business model. However, while the organization leverages standard KM approaches and processes as part of its expansion strategy in Level 4, it may not be capable of achieving desired business outcomes through the KM processes and approaches alone. The primary objective at this stage of maturity is to improve core business processes by optimizing standard KM approaches and processes and embedding them, end-to-end, within those business processes in order to achieve desired business outcomes and breakthrough innovation. In order to optimize approaches and processes, leadership needs to deploy proactive continuous improvement activities to close the gaps between current KM capabilities and desired business outcomes. Continuous improvement should be institutionalized so that it occurs at the individual, department/functional and organizational levels. At the same time, it should also realign performance assessments with the KM strategy. Key activities for Level 5 include:

1. Embed standard KM methodologies in the business model;
2. Monitor the health of the KM methodologies;

3. Align performance evaluation and recognition with the KM strategy;
4. Balance an organizational KM framework with local control; and continue the journey!

APQC'S KM MATURITY MODEL

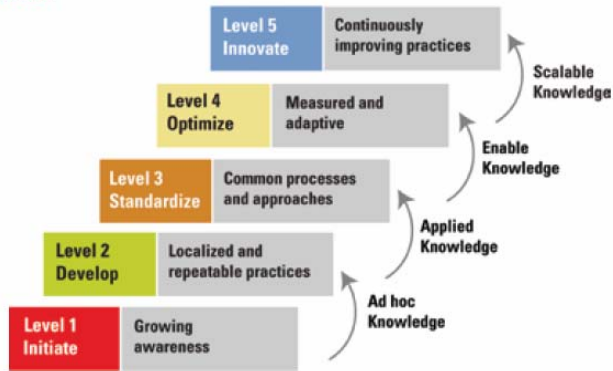


FIGURE 1
APQC MATURITY ROAD MAP

3. INITIATE

A process is developed to cover project initiation. At first by making use of preliminary study and literature review, general plan of welding process in Iran Construction Industry is designed and problem statement, research questions, project objective and adjusting stockholder are obtained.

4. WELDING PROCESS IN IRANIAN CONSTRUCTION FIRMS

In welding process, contactor or workshop dean or purchasing officer uses external sources like forum or factories to provide materials including weld, steel profiles and weld slag. After then transportation units transport these materials for stock piling. Welders use these materials to weld and manufacture the last products (figure2).

5. PROBLEM STATEMENT

In spite of existing codes most of structures don't have suitable detailed execution process in both design and construction. Steel structure is a considerable part of the construction and most of its problems relate to different kinds of faults and weaknesses in connections. Welder has a great role in welding quality and most of the faults in welding depend on the Skill and Knowledge of welder.

6. RESEARCH QUESTIONS

There are several questions that should be answered.

1. Where is the Critical Path in Welding Process and where the Knowledge/Skill is concentrated?

2. Who have this Knowledge/Skill in Welding Process?
3. How should the Knowledge/Skill be gathered?
4. What kind of Knowledge/Skill is needed to muster?
5. What is the Operating Program for implementation of KM?

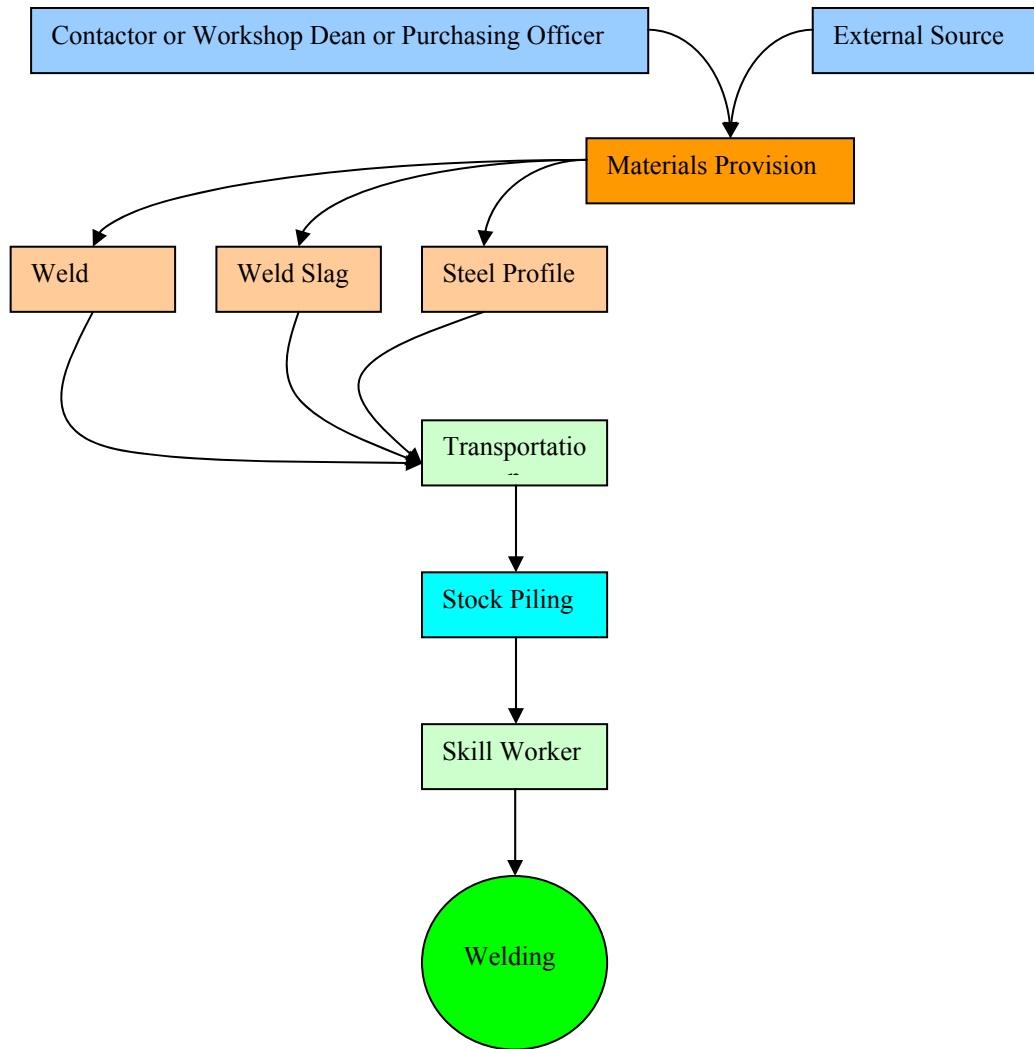


FIGURE2

WELDING PROCESS IN IRANIAN CONSTRUCTION FIRMS

The answer is the member of organization like skill worker and welder who has Tacit Knowledge and especially Professional Tacit Skills that are not explicit and also it's predictable for the welder to lose the knowledge with abdication or firing the job. On the other hand there is no suitable infrastructure for Knowledge Sharing to domesticate this Knowledge and Skill. It is obvious that tacit knowledge should be mustered and in this case the most important skill is

welding skill. In this research it is recommended to develop a strategy for implementation process.

7. PROJECT OBJECTIVE

To achieve more safety for Steel Construction it is needed to enhance the weld quality. Weld quality is dependent on many factors and the important factor that makes a great role in weld quality is welder performance skill. On the other hand, it takes a long period of time and experiment for an amateur welder to become a professional one. By using KM competences these skills can be obtained and then the skills of welders increase by the ability of knowledge sharing and subsequently the faults of welds will decrease and consecutively the steel structure will be safer.

8. STAKEHOLDERS OF IRANIAN CONSTRUCTION FIRMS

There are many stakeholders in an Iran Construction Firms. Each stakeholder play a different role to ensure the successful implementation of the construction process. The main stakeholders are Customer, Principal Contractor, Main Contractor, Sub Contactor, Consultant Eng, Supervisor Eng, Financial Supplier, and Planning and Management Organization which generally have most effects on the degree of safety in a construction process. There are also sub stakeholders who play important roles, who are Welder, Workshop Dean, Storekeeper, Building Material Dealer, and Transporting Unit (Figure3).

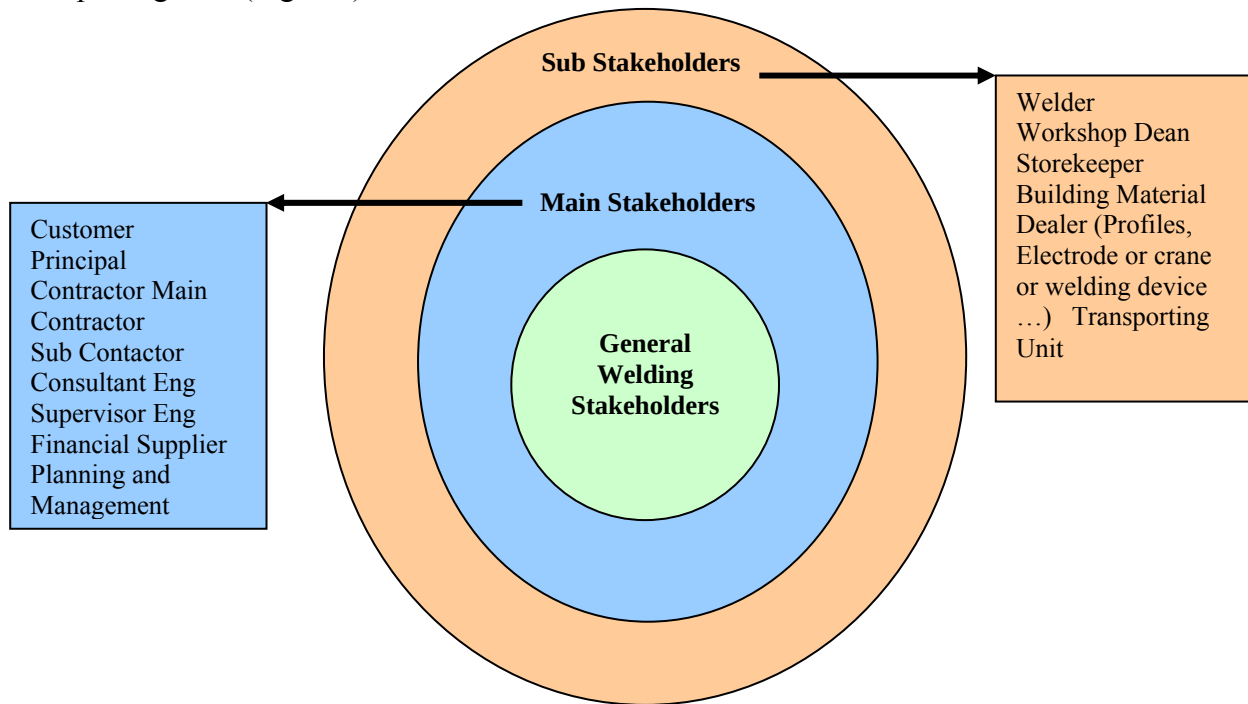


FIGURE3
GENERAL WELDING STAKEHOLDERS

9. DEVELOP

Developing is the second level after “Initiate” level and it Identifies Requirements and Analyze Priority.

10. REQUIREMENT SPECIFICATION

It is necessary to identify requirements to increase the weld quality and since this study surveys welder Skill and his Tacit Knowledge, the influencing factors on welder skills and welds quality is appraised. To identify influencing factors, Delphi Method is used and by Preliminary Study, Literature Review, interview with experienced persons who have such a great experiments and Knowledge in welding process like Professional Welders, Weld Supervisor, Consultant Engineers, Supervisor Engineers and some contractors, 40 primary factors obtained.(table1).

11. PRIORITY ANALYSIS

For priority Analysis 2 phase were developed. At first by Delphi Technique an open questionnaire according to influencing factors is designed to gather expert opinion about phenomena. Questionnaire was sent to 5 Professional Welder, 4 Weld Supervisor, 3Supervisor Engineer and 3 Consultant Engineer (in all 15 persons) .The data were purified depending on Preliminary Study, Literature Review and Logical Analysis. At the 2nd phase the close questionnaire was referred again to gather opinion of a broader sample (survey). Questionnaires were sent to another 15 persons (inclusive 6 Professional Welder, 3 Weld Supervisor, 3Supervisor Engineer, 2 Consultant Engineer and 1 Workshop din).

In this phase to purify data, the factors were classified into 7 main categories including “Welding Technique”, “Electrode Properties”, “Educational Condition”, “Electricity and Amperage Condition”, “Environment Condition”, “Welder Hand Movement” and “Human or Other Reason” and PCA exam (this exam use to separate and clean the questions that have a same effect and content) were used to reduce the number of same category factors. Consecutively 40 factors were reduced to independent 22 factors. For Reliability Analysis Cronbach’s α was used and 0.704 value was obtained and it shows that a suitable Confidence Level for questionnaire (Cronbach’s α indicate Confidence level and varies between 0-1 which 0 shows there is no Confidence Level on result in another same conditions and 1 shows there is complete relation and confidence level in another same conditions). To study Validity of the questionnaire, the content of questionnaire was surveyed according to Preliminary Study and Literature Review.

At last the most important influencing factors were gained and the final Influencing Factors has been depicted in Table1. To find which factor is more important, Friedem’s Test was used (this exam rank the factors according to their importance) and the result has been shown in Table1.

TABLE 1
Influencing Factors on Welding Quality and Their Importance Priority and Category

Importance Priority	Influencing Factor	Category
1	The Proportion between weld Pass and weld size is important	Welding Technique
2	The electrode and metal (like plate) shouldn’t be humid or wet before welding	Electrode Properties
3	Emphasis on practical education instead of theoretical education on all aspects of welding	Educational Condition

Importance Priority	Influencing Factor	Category
4	Using proper material for electrodes	Electrode Properties
5	Efficient and practical education for supervisor engineer and weld supervisor to have proper controlling	Educational Condition
6	Cleaning and taking off the weld slag in every Pass and before the next weld pass in thick welds	Welding Technique
7	Welders should not work for a long time and continuously, because fatigue can cause mistakes.	Human or other Reason
8	Welders should be certificated by skill cards	Educational Condition
9	Accurate adjustment for old welding devices (because they usually don't have Ammeter, and just a few experienced welders can work with them)	Electricity and Amperage
10	Using the back-up plate in penetration weld to uniform the weld.	Welding Technique
11	Welding design should be compatible to practical welding that makes the least change in final welding	Educational Condition
12	In cold weather, In the case of thick fragment (profile or plate), before welding it's necessary to preheat the fragments.	Welding Technique
13	Not bending the electrode specially head of electrode	Electrode Properties
14	Make the angle between electrode and plate about 45 degree perpendicular to movement line (Top and side view)	Welder Hand Movement
15	Not welding in the windflaw	Environment Condition
16	Not using welding apparatus more than their capacity	Electricity and Amperage
17	Make the angle between electrode and plate about 60-80 degree across the movement line	Welder Hand Movement
18	Using high or low amperage by considering the type of fragment and weld size	Electricity and Amperage
19	Not welding in dusty air	Environment Condition
20	not using GMAW or GTAW welding methods in open area workshop	Environment Condition
21	Not welding in the moist air	Environment Condition
22	Welding utensils protection like hammer and etc	Human or other Reason

12. REMAINED LEVELS

For appraising the KM competences to increase the quality of weld it is necessary to finish the 1st and 2nd step. These 2 levels are the base of Applying Km and by results of these 2 levels the strategy develops for implementation of KM. 3 levels of APQC Road Map remained which aren't related to research subject and it needs another study that in future to be done by these article researchers.

13. CONCLUSION:

Despite International regulations like AISC, AWS and etc for designing and Implementation of steel structure there are many faults in steel structure and especially in weld connections. On the other hand the welder performance has a great effect on weld quality so by increasing the welder skills and knowledge, the faults in weld connections and consequent hazards can be reduced. The influencing factors on welding quality have been shown in Table 1 that includes 7 main categories. A welder directly executes some categories like "welder hand movement" and "welding technique" and by using KM competences and direct instruction(According to

categories factors), the weld quality will improve. The other categories relate to welder and have a great role in his performance but they aren't just affected by welder. For these categories the teaching at 1st and at 2nd developing strategy is needed to prepare the Construction Industry and Stockholders for Implementation of these categories. At last it is notable that the level after appraisal of Km competences is developing strategy which should be built on Table1 factors and the strategy should concern about implementation of knowledge sharing to increase the knowledge of welders. In future this process will be done by these article researchers.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are indebted to Dr.Alizadeh at civil engineering department of Sharif University, Dr.Ahmadi at Payamnoor University and Eng.Pourjafari for their valuable assistance.

REFERENCES

- [1] Brian, G. and Ken, T., "Knowledge Management in Irish Construction: The Role of CPD Accreditation", *22nd Annual ARCOM Conference*, 4-6 September 2006.
- [2] Grant, R. M., "Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm". *Strategic Management Journal*, 17. 109-122, 1996.
- [3] KPMG (2000). *Knowledge Management Research Report* 2000.
- [4] Brian, G. and Ken, T., "The Development of an Integrated Knowledge Management Model For Construction", *22nd Annual ARCOM Conference*, 4-6 September 2006.
- [5] Brian, G. and Ken, T., "Managing Knowledge Within The Leading Irish Construction Organizations: Current Practices And Future Directions", *22nd Annual ARCOM Conference*, 4-6 September 2006
- [6] Liu, C. Y., "Library for Management and Learning", URL: <http://cm.nsysu.edu.tw/~cyliu/>.
- [7] Cindy, H. and Darcy L., "A Knowledge Management Maturity Model APQC's Stages of Implementation", *APQC*, 25 June 2008.
- [8] Aida, M., "A Portal Based Knowledge Management Solution For An Editorial Department", *University Technology Malaysia*, 2005.

KNOWLEDGE ON GLOBAL STRATEGIES IN REVITALIZING CONSTRUCTION INDUSTRY

S. Thomas Ng (1); Ryan Y.C. Fan (2); James M.W. Wong (3)

(1) Associate Professor, The University of Hong Kong, Hong Kong, tstng@hkucc.hku.hk

(2) Ph.D. Candidate, The University of Hong Kong, Hong Kong, h0389349@hkusua.hku.hk

(3) Postdoctoral Fellow, The University of Hong Kong, Hong Kong, jmw Wong@hkucc.hku.hk

Abstract

Construction is a growth engine for a country's economy development. At the same time, the construction industry is heavily influenced by general economy. A structural change of construction sector will induce a ripple effect to the economy if no immediate and effective measures are introduced to revitalize the industry. In the past, the construction industry of some advanced economies had already experienced recession periods, and various organizational strategies were introduced to stimulate the construction industry. Since not much research is attributed to identifying effective strategies to cope with a structural change in the construction industry, knowledge and lessons learnt from other advanced economies may help executives of construction establishments to map out viable and suitable policies and strategies at the corporate levels to sustain and revive the business. This paper aims to capture the knowledge in which the construction establishments adopted to react to a permanent change in construction demand and represent the knowledge in a structured manner, through a series of interviews conducted in selected advanced countries. Revitalization strategies include corporate restructure / reengineering, diversification in other sectors, and exploring the international market. Their effectiveness is discussed. The strategies are being put under the knowledge management initiatives of construction firms for policy and decision-makers' future reference. The knowledge learned from advanced countries should eventually lead to change and improvement of the construction organizations' business processes.

Keywords: *Construction industry development, revitalization strategy, structural decline.*

1. INTRODUCTION

Construction can serve as the engine of economic growth and development [1], as the industry contributes to a sizeable proportion of the economy and absorbs a large number of manpower at both grass root and professional levels. However, as the country's economy is moving towards maturity, the construction sector would decline irreversibly and a shrink in its contribution towards the general economy becomes inevitable [2]. According to Hillebrandt [3], the construction industry is also more prone to the influence of the general economy when compared to other industries. Therefore, the industry would have to face both the short-term volatile work volume and a more permanent structural change throughout its development.

A structural change of the construction sector will trigger a ripple effect to the general economy if no immediate and effective measures were introduced to revitalize the industry [4-6]. For instance, the recent suspension of the hotel and casino projects in Macau being caused by the global economic tsunami has added severe pressure to Hong Kong employment market and economy after the dismissal of thousands of construction workers [7]. To survive and grow in such a dynamic business environment, the industry should capitalize on the experiences of construction organizations of other constituencies which went through similar situations in the past. For instance in Australia, Japan, South Korea, Singapore and the United Kingdom (UK), their construction industry had already experienced the structural change whereby fiscal policy and organizational strategies were introduced to stimulate the construction industry.

Scarborough *et al.* [8] postulated to mobilize individual firm's knowledge assets to face the highly turbulent environments through Knowledge Management (KM). Kamara *et al.* [9] pointed out that KM strategies in the architectural, engineering and construction (AEC) sector

should reflect the context of the industry, with respect to the way it conducts business, and the types of knowledge that are critical for its success. Since limited research has been attributed to identifying effective strategies to cope with a structural change in the construction industry on the corporate level, knowledge and lessons learnt from other advanced economies may help executives of construction establishments to map out viable and suitable policies and strategies to sustain their business. Kamara *et al.* [9] also observed a strong reliance on the knowledge accumulated by individuals instead of any formal way to capture and reuse the knowledge in construction firms. Therefore, the aim of this paper is to put forward the strategies for various industry stakeholders to cope with a permanent change in construction demand based on the knowledge captured from advanced economies.

2. METHODOLOGY

The study is founded on an extensive review of literature and a series of interviews with industry practitioners from the selected advanced economies. Six advanced economies that represent some of the largest economies and construction industries were selected, including Australia, Japan, Singapore, South Korea, the United States (US) and the UK. Their general economy and construction industry development process were reviewed through literature. Further literature review was then carried out to collect strategies adopted by construction firms during the structural change period in the industry. Having laid down some fundamental strategies, study tours were later organized to capture the information and views from industry experts (see Table 1 for their profiles) in the selected advanced economies. The interviewees are all senior members of their construction organizations. These construction organizations cover academic institutes, governments, trade associations, professional institutes and private consultant firms. The experiences and knowledge of the senior interviewees pertinent to various industry segments could represent broad and major perspectives of the local industry. During the interviews, the experts were asked for their experiences and opinions towards the strategies implemented as well as the effectiveness of such strategies during hard times in their construction industry. Under a KM framework, the collected corporate strategies from overseas' experiences were summarized and discussed for future utilization when construction firms encounter similar situations.

3. KNOWLEDGE MANAGEMENT DRIVERS

Kamara *et al.* [9] conducted case studies of AEC and manufacturing firms in the UK to identify the initiatives for KM in these firms. Despite the fact that the case studies were focused on knowledge transfer across projects, the organizational drivers identified for AEC firms implementing KM are still applicable to our study in identifying the knowledge transfer process across organizations when facing similar recession periods. The four major drivers identified are: (i) the need to cope with organizational changes with respect to high staff turnovers and changing business practices; (ii) the need to minimize waste, prevent the duplication of effort and the repetition of similar mistakes from past projects, and for improved efficiency; (iii) the need to cope with growth and the diversification of a firm's business activities; and (iv) the effective management of the supply chain in project delivery. The last driver is considered less applicable for our study, as we are more focused on the managerial policies and strategies implemented. Hence the first three drivers are adopted to summarize experiences from other advanced countries.

4. RECESSION STRATEGIES ADOPTED

(i) *Reengineering*

Following the outbreak of oil crisis in mid 1970s, Japanese contractors launched total quality control programs [10]. Some general contractors offered a one-stop service which covers everything including planning, design, construction and user support [11]. The Japanese firms also formed alliances to facilitate joint purchase of materials, joint use of heavy machinery and assets/technologies, and even the exchange of engineers [12]. Small and medium sized builders in the US formed direct partnerships with financial institutions for stronger financial support [13]. In the UK, property developers and contractors solved their cash flow problems by pre-selling developments and taking deposits on house-sales.

TABLE 1
PROFILE OF INTERVIEWEES

Country / Position	Organization Type
Australia	
1. Chief Executive Officer	Government
2. Professor	Academic Institution
3. Professor	Academic Institution
4. Professor	Academic Institution
5. Professor	Academic Institution
Japan	
1. General Manager	Construction Company
2. Associate Professor	Academic Institution
3. Chief Official and Deputy Director	Government
4. General Manager	Consultancy Firm
5. Senior Executive Director	Trade Association
6. Architect	Consultancy Firm
7. General Manager	Public Organisation
8. Executive Director, Senior Researcher and Researcher	Research Institution
9. Managing Director	Consultancy Firm
South Korea	
1. Professor and Researcher	Academic & Research Institution
2. President	Trade Association
3. Senior Researcher	Research Institution
4. Professor and Associate Professor	Academic Institution
Singapore	
1. Deputy Chief Executive Officer and Director	Government
2. Executive Director	Consultancy Firm
3. Principal Engineer, Senior Executive Engineer and Deputy Director	Government
4. Managing Director	Consultancy Firm
5. Professor	Academic Institution
6. Professor	Academic Institution
7. Executive Director and Officer-in-Charge	Trade Association
8. Council Member	Professional Institute
United Kingdom	
1. Director	Material Manufacturer
2. Chief Executive and Director	Trade Association
3. Engineer	Consultancy Firm
4. Partner	Consultancy Firm
5. Division Head	Government
6. Professor	Academic Institution

At the same time, companies kept their dividends up or even increased them even when they had made considerable losses, as the dividends were an important means in maintaining

investors' confidence. Right issues for existing shareholders to subscribe to newly issued shares emerged as an alternative way to reduce gearing and to raise capital. Companies prepared more detailed financial budget spanning for one year to eighteen months. Contractors tendered for more number of smaller projects to *"limit the size of jobs undertaken to the level at which the failure of one project would not endanger the company"* [14]. Singaporean contractors introduced a Deferred Payment Scheme which allows property buyers to defer cash down payment and created a stronger incentive for the buyers to enter the property market [12]. Korean construction companies restructured themselves during the recession. Before the economic crisis, big construction companies had been playing the roles of both developer and constructor, but these companies abandoned the role of property developing and focused on providing contracting services after the financial crisis to better utilize their resources (Korean Interviewees).

(ii) Cost reduction

Singaporean contractors rented vacant lands as storage yards for their idling plant and equipments during mid 1980s. Some of them decided to hire out their plant and equipment, as a way to reduce the costs as well as to ease the cash flow. Other contractors faced the difficulty of not having enough projects in hand to pay for the monthly recurrent cost. Hence, they disposed all their equipments to pay the resulting liquidated and ascertained damages so as to end the leases before their expiry [15]. Large builders in the US diminished their land operations to minimize their working capital. As an alternative, the builders bought finished lots from local developers and builders [13,16]. In the UK, cost reduction was achieved by closing down their regional offices selectively. Alternatively, some contractors cut back on the scale of their head office while making regional offices responsible for more service functions. Others had a more stringent control over capital expenditure on new acquisitions [14].

(iii) Downsizing

Some Japanese construction companies chose to downsize their operation to survive through the time of recession period [10]. Korean construction companies also downsized and stopped hiring new employees in the recessions (Korean Interviewees). Similarly, there were pay cuts and manpower re-shuffling in Singapore during recession. Some companies windup or downsized (Singaporean Interviewees).

During the recession years, the UK companies laid off workers to cut down on costs. Under the shortage of labor, companies had to look for possibilities in technologies including information technology and construction techniques. For example, CAD was very popular during that time. Some companies had to structure out some redundancies and consolidate several offices into a single location in an attempt to reduce the cost (UK Interviewee).

Other strategies included a reduction in the number and size of company vehicles, reduction in training provided, and reduction of accounting staff, while improving access to computer access facilities for routine work was increased. They also kept their land stocks to a minimum. Some companies sold part of their assets or businesses in order to pay back their loans or interest on the loans [14]. In the US, many firms flattened their organization structure by phasing out middle managements for surviving a construction downturn [17].

Some construction enterprises, however, consolidated to keep their key people during recession. A lot of contracts carried out in Australia during the downturn were those which could not generate much profit but purely for survival. The organizations tried to keep their key staff and to maintain the business until the recovery comes (Australian Interviewees).

(iv) Diversification in other sectors

To survive during transformations and changes in the business environment of the construction industry, timely diversification and appropriate adjustments in business model are needed. The industry stakeholders in Australia diversified their services and tapped into facilities management, maintenance and refurbishment (Australian Interviewees). Japanese construction firms explored the business opportunities in the environmental technology, urban redevelopment and the building renewal market [11]. Some middle-sized Korean contractors transformed into engineering contractors or consultants. The big companies sold their land as a result of the poor financial status during recession; consequently their major business has changed to contracting services (Korean Interviewees).

(v) Exploring the international market

A sustainable future for the construction industry shall also be built upon the opportunities of exporting construction expertise [18]. The Japanese contractors expanded their business into overseas market after the slump in 1973. The construction orders they received from abroad in the 1983 fiscal year was almost 6 times as much when compared to 10 years ago [10]. Korean and Singaporean construction firms also attempted to venture overseas such as India, Vietnam, Middle East and more recently Russia during the recession in 1997 (Korean and Singaporean Interviewees). It was recognized that their home markets are highly competitive and hence expanding their business overseas is necessary for the survival and growth for the construction companies [19].

5. DISCUSSIONS

The study has examined corporate recession recovery strategies adopted by advanced countries under the KM initiative framework. Such relationship is mapped out in Figure 1.

The reengineering strategies are related to the KM drivers of coping with organizational changes in face of changing business practices and environment. Construction firms would have to redesign their business processes to cope with the change in market structure. Past experiences from advanced countries have suggested that companies could implement quality control programs while rethink on the type of services they are providing to the clients. When utilizing such experiences from advanced countries, decision-makers should always respond to their clients' wish for the required facilities and hence the larger construction market in general. According to Bon [2], in a maturing economy the underlying structure of the construction market would change such that the repair and maintenance sector would gradually take up a large part of the total work volume. Hence, a good understanding towards the market trend as well as prompt responses to such fluctuating trend based on past experiences could help construction firms to quickly revitalize after the recessions.

The cost reduction and downsizing strategies commonly adopted by construction firms when facing hard times could be seen as an initiative to minimize the cost and therefore to improve the overall efficiency of the company. However, such strategies could sometime affect the company and even the entire industry in much longer term than expected. The lost labor force may not be easily recaptured when the recession is over as they may have permanently migrated to other sectors. Hence, it was the experience of Australia that while streamlining the labor force, the companies should try to retain its key staff such that when the recession is over, the companies would still have high quality employees ready to capture the emerging business opportunities. A possible way of retaining and nurturing such quality employees would be to provide training and education opportunities for the key staff during the hard times (Australian Interviewees).

Diversifying a company's business coverage to other related local sectors as well as overseas markets fits into the third KM initiative being put forward by Kamara *et al.* [9]. As business cycles and other sectors/markets would probably be fluctuating differently from that of the local construction industry, some companies would try to establish business branches in other areas. Nevertheless companies should be prepared for various difficulties when they enter a new market. These challenges may include fierce competition in the new market, the technical capacity required, the skill level required and the capital involved. Hence some of the companies would rather choose construction-related sectors like facility management. Such exploration into alternative markets may also require government support, as reflected by various interviewees, in order to establish a credible reputation in a completely new market.

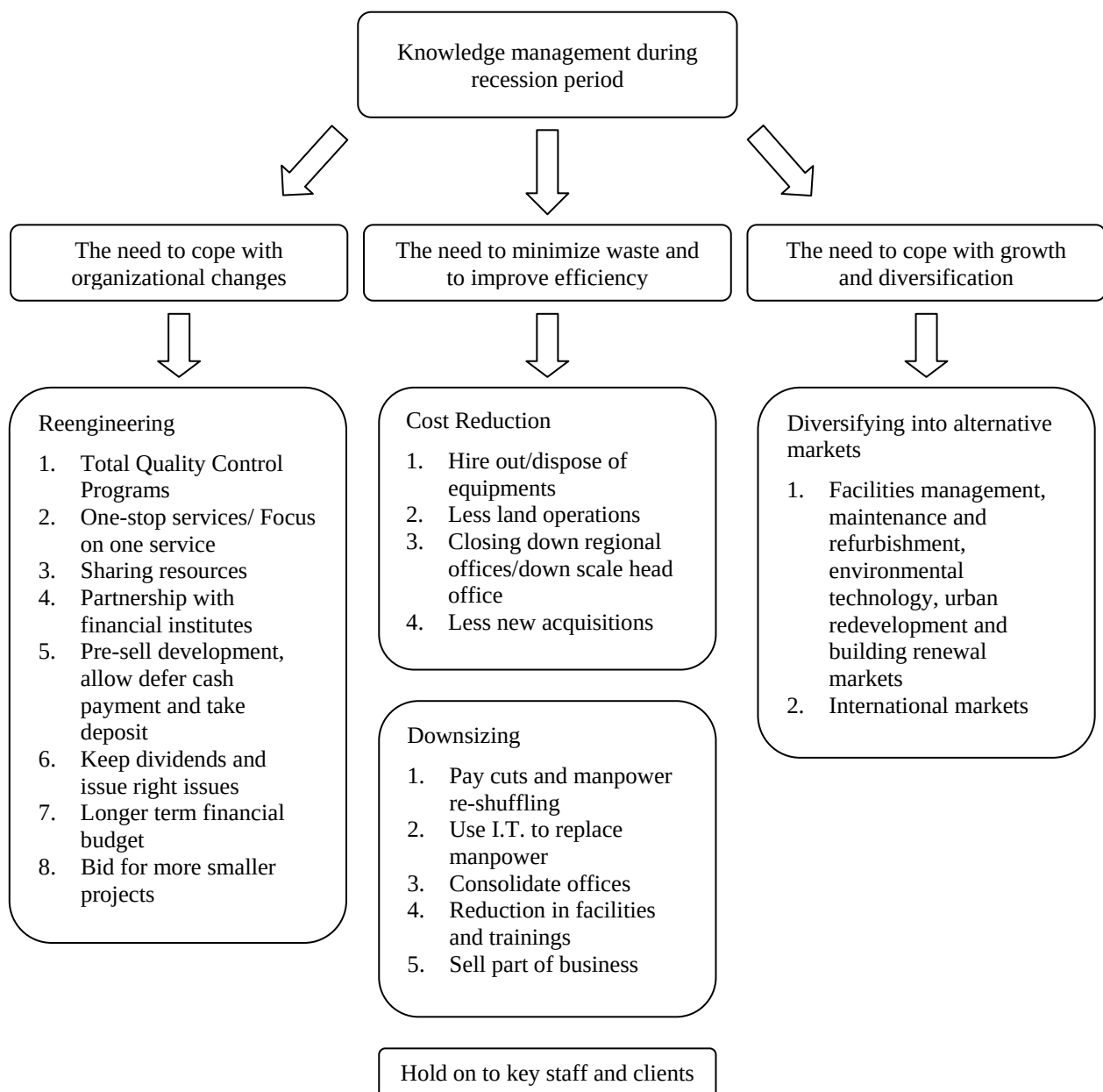


FIGURE 1
CORPORATE LEVEL RECESSION RECOVERY STRATEGIES UNDER KM INITIATIVES OF
CONSTRUCTION ORGANIZATIONS

The knowledge accumulated from advanced countries should eventually lead to change and improvement of the business processes of construction organizations. The utilization of the knowledge should address all levels in the construction organization such that the full potential of these experiences could be explored [20]. Hence, a good common understanding towards the strategies to be implemented in the construction firm by all levels could help to achieve better outcomes. Kamara *et al.* [9] suggested that Information Technology (IT) tools can be used to support information sharing and communication. Borghoff and Pareschi [21] also emphasized the usefulness of IT in sustaining organizational knowledge, as long as it is implemented in line with corporate culture and work practices while the IT has been expressly designed to suit KM purpose.

After the recent global financial tsunami, construction sectors of many economies have been deeply affected. According to Detemmerman [22], the European construction industry has suffered from a sharp decline in housing activity since 2008 under the impact of global financial crisis. To tackle the crisis, it is suggested that access to financing should be facilitated, similar to the US builders' strategy of forming direct partnership with financial institutions to ensure adequate financing sources as mentioned earlier. Detemmerman also suggested that new markets like climate change and energy investment, or even urban redevelopment and heritage conservation/revitalization could offer the construction industry new opportunities. The Building and Wood Workers' International (BWI) [23] postulated that by focusing on alternative development, energy saving and conservation measures, the global construction industry may be able to recover eventually. Various studied countries including Australia, Singapore, Korea and Japan adopted similar strategies in diversifying and exploring alternative markets during recession period. CIOB [24] believed that under the financial crisis, the UK construction industry could face dramatic re-structuring and downsizing. IT should be promoted, according to our study, to compensate for loss in manpower. Partnering and sharing of resources between construction firms could provide more stable and reliable financial and technical support under the current credit crunch [24].

6. CONCLUSIONS

The construction industry across the globe would often face volatile work volume as well as structural change in the market scale and underlying structure throughout the economy development process. As a result, an effective knowledge management framework would help the industry stakeholders prepare themselves for the future trends based on experiences collected from more advanced economies. To expand the currently limited database for revitalization strategies of construction industry in the economy development process, this study has identified and presented corporate level strategies adopted by six selected advanced countries which experienced such structural changes in the past.

The strategies collected from literature are structured and consolidated through further interviews with industry practitioners from the studied overseas countries. The interviewees have proposed and analyzed the strategies based on their experiences and insights into the construction industry. The consolidated strategies represent a collection of wisdom of industry stakeholders of various backgrounds from different geographical regions. The construction industries of the studied constituencies showed signs of recovery following the implementation of the collected strategies. Hence, these strategies should have a wide application on similar construction recession scenarios at different times and different locations. They are consistent with the KM initiatives expressed by construction firms such that these experiences should be useful to the firms as they adopt the KM framework into their business model. The recent impact of global financial crisis on the construction

industries across the globe has triggered the proposition and adoption of similar strategies with a hope to tackle the challenges ahead. Nevertheless, the short term and the hidden long term effect of these strategies to the construction industry development still requires more in depth research by more precise quantitative methods. How to effectively pass on such knowledge in particular within the construction industry also deserves further study.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the financial support of the Research Grants Council through the General Research Fund (grant no.: 7152/07E). The Construction Industry Institute, Hong Kong is also gratefully acknowledged for funding this study.

REFERENCES

- [1] Ofori, G., *The Construction Industry: Aspects of its Economics and Management*, Singapore University Press, Singapore, 1990.
- [2] Bon, R., "The future of international construction: Secular patterns of growth and decline", *Habitat International*, 16(3), 1992, 119-128.
- [3] Hillebrandt, P.M., *Analysis of the British Construction Industry*, MacMillan Publishers Ltd., London, 1984.
- [4] National Economic Development Office, *How Flexible is Construction? A Study of Resources and Participants in the Construction Process*, HMSO, London, 1978.
- [5] Hillebrandt, P.M., *Economic Theory and the Construction Industry*, MacMillan Press Ltd., London, 2000.
- [6] Chan, S.L., "Empirical test to discern linkages between construction and other economic sectors in Singapore", *Construction Management and Economics*, 19(4), 2001, 355-363.
- [7] The Standard, *Unlucky Number*, http://www.thestandard.com.hk/news_detail.asp?we_cat=11&art_id=74367&sid=21453446&con_type=3&d_str=20081114&fc=8, 2008.
- [8] Scarbrough, H., Swan, J. and Preston, J., *Knowledge management: a literature review*. London: Institute of Personnel and Development, 1999.
- [9] Kamara, J.M., Augenbroe, G., Anumba, C.J. and Carrilo, P.M., "Knowledge Management in the architecture, engineering and construction industry", *Construction Innovation*, 2, 2002, 53-67.
- [10] Hasegawa, F. and the Shimizu Group, *FS Built by Japan*. John Wiley and Sons, Inc., USA, 1988.
- [11] Research Institute of Construction and Economy, Japan, Anson, M. and Raftery, J., "Japan". In: Chiang, Y.H., Anson, M. and Raftery, J. (eds.) *The Construction Sector in Asian Economies*. Spon Press, London and New York, 2004.
- [12] Chiang, Y.H., Chan, E.H.W. and Sharma, S., "China Hong Kong". In: Chiang, Y.H., Anson, M. and Raftery, J. (eds.) *The Construction Sector in Asian Economies*. Spon Press, London and New York, 2004.
- [13] Ball, M., Horloe, M. and Martens, M., *Housing and Social Change in Europe and the USA*. Routledge, Chapman and Hall, New York, 1988.
- [14] Hillebrandt, P.M., Cannon, J. and Landsley, P., *The Construction Company In and Out of Recession*, MacMillan, London, 1995.
- [15] Ofori, G., *Managing construction industry development*, Singapore University Press, Singapore, 1993.
- [16] NAHB, *Housing America – The Challenges Ahead*, National Association of Home Builders, Washington, 1985.
- [17] Yates, J.K., Mukherjee, S. and Njos, S., *Anatomy of Construction Industry Competition in the Year 2000*, Bureau of Engineering Research, University of Texas at Austin, USA, 1991.
- [18] Ng, S.T., Chan, A.P.C., Chiang, Y.H., Kumaraswamy, M.M., Lam, P.T.I., Lee, P.K.K. and Wong, J.M.W., *Reinventing the Hong Kong Construction Industry for its Sustainable Development*. Final Report to the Construction Industry Institute, Hong Kong, 2008.

- [19] Cuervo, J.C. and Low, S.P., “Significance of internalization factors for Singapore transnational construction corporations”, *Construction Management and Economics*, 23, 2005, 147-162.
- [20] Kululanga, G.K. and McCaffer, R., “Measuring knowledge management for construction organizations, Engineering”, *Construction and Architectural Management*, 8(5/6), 2001, 346-354.
- [21] Borghoff, U.M. and Pareschi, R., “Information Technology for Knowledge Management”, *Journal of Universal Computer Science*, 3(8), 1997, 835-842.
- [22] Detemmerman, V., “Impact of the crisis on the construction industry”, *Hearing on the global financial crisis*, 6th February 2009, Consultative Commission on Industrial Change, European Economic and Social Committee.
- [23] Building and Wood Workers’ International, “International financial crisis and its impact on the construction, building materials, wood and forestry industries”, <http://www.bwint.org/pdfs/ResolutionfinancialcrisisBobR.pdf> [Accessed 5th March 2009].
- [24] The Chartered Institute of Building, “The impact of the global financial crisis on the construction industry”, Policy Brief, January 2009.

BIM AND ERP: FINDING SIMILARITIES ON TWO DISTINCT CONCEPTS

Eduardo Toledo Santos (1);

(1) Escola Politécnica, University of São Paulo, Brazil, eduardo.toledo@poli.usp.br

Abstract

Building Information Modeling (BIM) is an emerging paradigm on the AEC/FM (Architecture, Engineering and Construction/Facilities Management) field specially focused on the technical aspects of the design of a building. BIM enabled tools are mainly used by architects and engineers. On the other hand, ERP systems (Enterprise Resource Planning) are a more mature technology whose use is widespread in many industries, including Construction. Although ERP origins are linked to the planning of manufacturing processes encompassing both MRP (Materials Requirement Planning) and MRP II (Manufacturing Resource Planning) systems, its great success is due to the integration of accounting, financial management and analysis modules to other administrative areas of a corporation as well as to production-related ones. Its prototypical user is the executive officer. Therefore, its focus is not technical, but on management. It is clear that ERP and BIM are two different concepts with distinct functions. Even so, they both are software systems with a broad scope on the organization. The goal of this work is to comparatively analyze these systems to identify their similarities and differences, trying to learn strategies for BIM to overcome possible unidentified barriers it may face on the AEC industry based on the path ERP systems previously followed. The facets analyzed here include their history, system architecture, integrated knowledge, data and component integration, interoperability and customization, among others. New opportunities for further integration of technical information from BIM with the management information of ERP systems exist and may lead to discovery of new knowledge in the realm of AEC enterprises.

Keywords: Building Information Modeling, Enterprise Resource Planning, Comparison.

1. INTRODUCTION

Enterprise Resource Planning systems' origins date back to early 1970's [1]. They constitute a very successful software category that reached the \$10 billion dollar mark a decade ago [2], although with sales fueled by the Y2K bug phenomenon. Some predicted they would soon vanish [3], but their expected worldwide sales of \$38.2 billion in 2008 [4] show enterprises still today considers it to be one of the most useful IT tools available for the corporations.

ERP systems deal with the management aspects of manufacturing and services enterprises. As such, its adoption is more associated to the size than to the sector a company is in. Much more limited in scope, BIM is linked only to the AEC/FM industry. But like ERP systems did before, BIM is now attracting all the attention of the construction sector in the IT scenario.

There are many prospects on the benefits BIM can bring to the AEC segment, which lags behind other industries regarding IT adoption. Indeed, it can represent a quantum leap for building design, taking it from today's mainstream 2D CAD to post nD-CAD tools. It is clear that moving to BIM is a bold step for the building industry, and plenty of perils.

Is it possible for BIM adopters to profit from the ERP users' experience? In this paper, characteristics of both technologies are analyzed and compared with the aim of getting insights that can indicate possible developments for this young, but promising technology.

2. ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)

One of the many published definitions for ERP is: "*Enterprise resource planning systems are configurable information systems packages that integrate information and information-based processes within and across functional areas in an organization*" [3].

Some of the functional areas ERP systems integrate are: planning, manufacturing, sales, marketing, distribution, accounting, financial, human resource management, project management, inventory management, service and maintenance, transportation and e-business [5]. Each one may be implemented by a different module composing the ERP system. All of these components access the same database, where data is stored under a unified, consistent form. When new information is entered, related information is automatically updated [2].

3. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

BIM may be defined as a model - *“a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle from inception onward”* (National Institute of Building Sciences - Facility Information Council)[6] or as a process – *“a building design and documentation methodology characterized by the creation and use of coordinated, internally consistent computable information about a building project in design and construction”* (Autodesk)[7].

More yet, BIM can mean a process (B.I. Modeling), a product (B.I. Model), a technology set (3D/4D/nD parametric CAD, IFC, VDC, etc.) or a software category (Revit®, ArchiCAD®, etc.). Therefore, it is better to say BIM is a concept. In contrast, ERP is essentially a software category, although its component modules are very diverse.

4. COMPARATIVE ANALYSIS

In this section, several aspects of the two technologies focused in this paper are compared.

The adoption driving forces, evolution histories and system architectures of ERP and BIM are confronted.

“Integration refers to the combining of components or information from various sources” [8]. Both component and data integration are characteristics of BIM and ERP which are analyzed in this section. Customization, another key aspect regarding ERP systems, is also compared in the context of both technologies.

Finally, element/record date-tagging in both systems is investigated.

4.1 ADOPTION DRIVING FORCES

The long-term productivity and connectivity gains created by enterprise systems were cited in the 1990's by important analysts as so compelling ERP outcomes that *“not adopting them was out of the question”* [2]. As listed in section 2, almost all areas of an organization can be reached by ERP arms.

BIM benefits list is extensive as is its roll of beneficiaries. Owners, designers, managers, contractors, engineers, architects, and facility managers, among other stakeholders, all were said to gain from BIM adoption [9]. They can obtain increased building performance and quality, earlier and more accurate visualization of a design, automatic and accurate drawings and cost estimates, collaboration of multiple disciplines, increased energy efficiency and sustainability, early error detection, data for automatic fabrication, better construction, procurement, operation and maintenance [9]. It is mainly this critical mass of advantages that makes today not adopting BIM, like the 1990's ERPs, *“out of the question”*.

Behind both TLAs (“three letter acronyms”) [10], despite their sure merit, certainly lies a huge marketing effort promoting their adoption.

4.2 EVOLUTION HISTORY

The two systems analyzed in this paper are the result of decades [1][3][5][9] of evolution of two different computer systems lineages. Although different in nature, they both are the result of an increasingly sophisticated technology enabled by a steady gain in computer performance witnessed since its introduction.

Table I summarizes their evolution history.

TABLE I
ERP AND BIM EVOLUTION HISTORIES

ERP lineage	BIM lineage
Manual, paper-based accounting	Manual, paper-based drafting
Inventory Control (IC)	2D CAD
Material Requirements Planning (MRP)	3D CAD
Manufacturing Resource Planning (MRP II)	Parametric CAD
Enterprise Resource Planning (ERP)	4D CAD
Extended ERP (ERP II)	5D CAD
	nD CAD
	BIM

Inventory Control systems were the first computerized tools to control factory’s inventories of supplies and finished goods. MRP systems primarily deal with production planning (what parts, how much of each and when to purchase or manufacture them). MRP II added capacity planning features to MRP.

ERP II is defined as “*a business strategy and a set of industry-domain-specific applications that build customer and shareholder value by enabling and optimizing enterprise and interenterprise, collaborative-operational and financial processes*” [11] and is a natural extension of ERP technology to outside of a single enterprise boundaries, enabling c-commerce (collaborative commerce) through rich information exchange.

Regarding BIM ancestors, parametric technology appeared in commercial MCAD in the 1980’s and later reached CAAD products [12]. It enables to keep model dimensions as editable parameters which, once changed, trigger an automatic model update preserving constraints and parametric relations set by the modeler (user).

Four dimensional CAD [13] is the association of a “fourth dimension” – time – to the geometric elements of a 3D building model. This enables simulating the construction sequence as an animation for analysis and verification purposes, among other uses. Likewise, 5D CAD [14] associates yet another dimension to geometry data – required resources – for cost and resource estimation. In the same spirit, “*an nD model incorporates multi-aspects of design information required at each stage of the lifecycle of a building facility*” [15]. nD-CAD can be thought of as the tool side of BIM.

4.3 SYSTEM ARCHITECTURE

ERP systems are usually organized according to a 3-tier architecture [16], as they are large and complex systems. Implementing them as monolithic applications would bring serious maintainability, scalability and performance issues.

The three tiers composing the ERP architecture are the user interface tier, the application tier and the database server. This is only a logical organization that may be physically implemented (dashed boxes) in several forms (Figure 1):

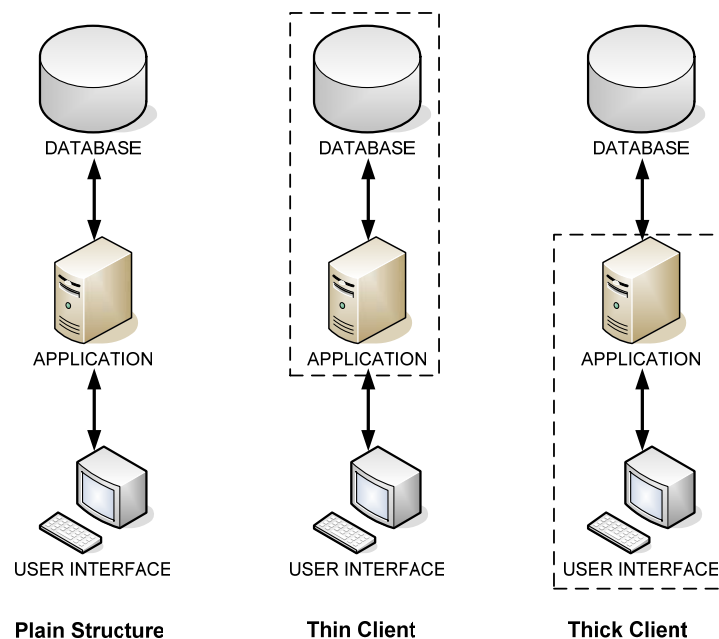


FIGURE 1
USUAL ORGANIZATIONS OF ERP'S 3-TIER ARCHITECTURE (ADAPTED FROM [16]).

This system architecture offers many advantages for ERP implementation. For example, it enables use of different database management systems (DBMS) on the database layer or, if performance requires it, to use a whole cluster of DB servers to support client demand. The interface tier can support a different user interface for each user type, customized for their needs and expertise level. Each tier can be upgraded without interfering with the functioning of the other layers.

Current standard BIM-enabled design software is usually implemented as a standalone unit. Information exchange is file-based. However, it is clear that this monolithic architecture will not continue to serve its users in the near future. As the level of detail represented in BIM models is refined, file sizes tend to increase beyond practical limits. At the same time, there is a growing interest in adding information from late phases of the building lifecycle (as-build [17], operation, maintenance [18], etc.) to the building model, aggravating the problem.

From the experience in enterprise interoperability in other domains, it is known that information sharing is usually best served with data-based solutions rather than file-based solutions [18]. Although other options may exist [10], the so called “model servers” or “building model repositories” [9] seems to be the best alternative to properly manage BIM data in the future. Model servers are object-based DBMS which support database-like operations (query, transfer, update, etc.) on a building model, operating at the building element level. The Eurostep Model Server for IFC (EMS) [19] is an example.

The system architecture of a BIM environment using a model server is illustrated in Figure 2.

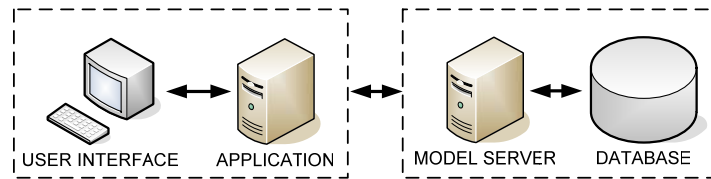


FIGURE 2
ARCHITECTURE OF A BIM ENVIRONMENT BASED ON MODEL SERVER.

4.4 INTEGRATED KNOWLEDGE

ERP systems carry knowledge in the form of algorithms (for planning, etc.) [16] and of functions to process, manage and analyze data. Also, knowledge about best practices, elected by the market and/or distilled through years of vendor's experience with their customers, is offered in the system's reference libraries.

BIM application's knowledge is also on algorithms (analyses, etc.), but much of it is embedded on family components (object libraries) as behavior and parametric content.

Model vendors probably will be able to find in the future a profitable business selling intelligent models with more knowledge built-in. Some design expertise is available today on parametric models and, in the future, on a new form of "design guides" inside BIM tools, as suggested by [20].

4.5 DATA INTEGRATION

Data integration is part of the essences of BIM and ERP and from it both concepts derive much of their values. Following the motto "*the whole is greater than the sum of its parts*", is through integration of data that more information is obtained and part of the efficiency in those systems is achieved. As examples, such information could be a list of clashing elements (derived from their geometry and position) in the case of BIM or a regional sales ranking (calculated from individual data) in an ERP system.

One key problem ERP systems are designed to solve is the fragmentation of information in business organizations [2]. BIM is useful for the same problem, in the building information domain.

Behind both systems there is a unified database (DB). For both cases, this database has a very complex structure. In ERP, typically a relational DB is used and its tables form an intricate web of data relationships. The same holds true for BIM, although other DB paradigms may make more sense for it and usually there is no explicit DB engine.

Integrated data means, in the case of BIM, that all represented disciplines in the building model are internally consistent and can relate to each other in a consistent manner. A BIM model can represent very sophisticated relationships between their elements, going from simple 3D geometrical relationships (relative position in space) to more complex ones like definition, assignment, association, decomposition, connection, aggregation and constraintment [21].

Consistency is obtained in ERP systems due to its reliance on a DB system. Those systems have a data dictionary, "*a centralized repository of information about data such as meaning, relationships to other data, origin, usage, and format*" [22]. A data dictionary is not an explicitly defined structure in BIM models, but clearly they could benefit from one. In the BIM realm, IFD - International Framework for Dictionaries (ISO 12006-3) is the proper

standard to implement a near equivalent of a data dictionary. It is defined by IAI [23] as “*a library with terminology and ontologies assisting in identifying the type of information being exchanged*”. Realizing the importance data dictionaries have for ERP systems could increase the development efforts put into IFD, as it may fulfill the functions of a data dictionary, among others, on the BIM context.

4.6 COMPONENT INTEGRATION / INTEROPERABILITY

ERP systems have evolved through the integration of several modules (see section 2). Most of these modules already existed as separate applications before their union in what we call ERP today. In the same way, nowadays we have many design, analysis and simulation tools for AEC that “work” without integration. BIM (in the “BIG BIM” sense [24]) implies integration among those tools.

Most applications integrated as modules in an ERP system are now much more frequently used than in the past, and in a more efficient manner, because data already collected for other uses are employed as input to them. Likewise, AEC design, analysis and simulation software, when properly integrated, can offer a much friendlier and more efficient environment to the designer, increasing their use. Again, the integration is the true value those technologies bring to their customers.

“Interoperability is a critical factor in the ability to integrate” [8]. In ERP systems, modules are usually developed by the same company, achieving interoperability by design, although in a proprietary fashion. This kind of data exchange also exists in the BIM realm, as the top companies in this market are developing, or acquiring software products from smaller developers, to integrate them in their BIM solutions offer. By its very nature, this approach is the most functional and, at the same time, the less flexible of all.

ERPs also need to communicate with other external systems. In this case, open solutions are gaining momentum. For ERP, the preferred open standard seems to be OAGIS - Open Application Group Integration Specification from the OAGi - Open Applications Group Inc. [25]. *“The Open Applications Group is a nonprofit consortium that promotes business software integration, especially in the area of ERP (enterprise resource planning) applications and XML integration. The Open Applications Group was originally comprised of eight ERP vendors, [...]. OAG consists of over 37 members including customer organizations, systems integrators, and middleware vendors, and as well as application software vendors.”* [26]. Regarding open standards for BIM, there is, of course, the IAI – International Alliance for Interoperability [27] (now called *buildingSMART alliance™*) and its IFC – Industry Foundation Classes [28] standard.

Like OAGi, IAI is a non-profit organization created in the mid-1990s from companies in the software business. Like OAGIS, IFC is a sophisticated interoperability standard akin to BIM as the former is to ERP. What can be learned from the similarities and differences between these standards? Sheldon [26] states that *“The [OAGIS] model consists of an application architecture, business software component definitions, component integration scenario diagrams, detail definitions of the APIs necessary to integrate business software components, and a full data dictionary describing the individual elements of the APIs. Along with this model is a repeatable process that enables companies to design integrated business software components.”* A full analysis is out of the scope of this work, but it seems that, together with the features of IFD and IDM (Information Delivery Manual) [29], two other standards by IAI, the OAGIS model is equivalent to the one proposed by IAI.

OAGIS [30] is an XML-based standard as is IFCxml. XML in these contexts is intended to be used to transfer relatively small chunks of information, not whole models, as it takes much more space than even a clear IFC text file [9]. But OAGIS can be deployed in many different frameworks, including Web Services. Perhaps the future of BIM data exchange will be much more server-based as IFC models get more detailed and therefore, too heavy for conventional file based transfers. *“In the Web based model server approach there is a central repository of the IFC model data and everybody has instant access to the most up-to-date information that is relevant to their discipline. Additionally, data management features such as partial model exchange, merge, append, and change tracking become possible [...]. Model servers [...] are the next logical step in the implementation of IFC based interoperability”* [31]. The study of the OAG experience on the ERP context may speed up the development and widespread adoption of IFC model servers in BIM environments.

OAGi is now starting convergence meetings with some STEP players [32]. In this regard IFC is ahead, being fully compliant with STEP part 11 (EXPRESS), part 21 (Step File) and part 22 (API). IFC is already an ISO standard [26] while OAGIS is still not, although OAG cooperates with ISO on TC154 - Processes, data elements and documents in commerce, industry and administration [33].

4.7 CUSTOMIZATION

It's a well known fact that ERP systems implementation usually demands heavy customization [2]. *“The customization is used for the adjustment of the ERP system to the enterprise requirements”* [34]. Much can be learned from ERP in that regard.

ERP customization activities include changing application parameters, adjusting workflow models and choosing which modules will integrate the implemented solution.

In some cases, the software is adapted to the target organization's practices. In others, the company's current way of doing is replaced by best-practices embedded on the reference models that ship with the ERP system, aiming process improvements. In the same way ERP software libraries encode best practice business processes [34][3], BIM component libraries can carry design intent. This feature should be more exploited by BIM developers and users.

Likewise, it is common BIM practice to perform family customization, be it generating new types by customizing an existing family's parameters or editing a family definition more deeply to create a new class based on it. Different from ERP, this is an ongoing activity, as each new project deployed by an AEC design company may carry the need for the development of new objects to enable modeling of its features.

Due to the time and cost ERP implementation takes (chiefly because of needed customization), as well as the effects it causes in the whole corporation, ERP is considered a long term investment. Certainly BIM implementation costs are much lower as are its impacts in an AEC company. Nevertheless, especially because of the new paradigm of design development BIM represents, it should also be considered a medium to long term investment. This vision could reduce anxiety and align expectations on BIM implementation in AEC enterprises. Strategies used on ERP deployment (like monitoring of Critical Success Factors [35], etc.) could be useful for BIM implementation too.

On a broader context, adjusting the workflow is also a good lesson from ERP. It is clear that AEC design and build processes are far behind the ideal state. The adoption of BIM technology itself improves this situation because it demands design to be developed in 3D, saving much grief. On the other hand, as the design process is changed, so must be the

workflow (both internal and external to a single company) to adapt to the new technology requirements. For example, on BIM-based design processes, documentation (derived from the 3D model) is at the final step, where it should be [36]. Also, interaction with other agents participating on the enterprise through BIM technology is changed, encouraging collaboration.

4.8 DATE-TAGGING

Many records in ERP databases have or are linked to a date field. Any sales or purchase, manufacturing order, stock level, demand forecast, etc. are time-related. Also, keeping records over time in ERP systems is essential for almost any trend analysis [37]. Such date-tagging may also appear in BIM models.

Date-, or even time-, tagging is a fundamental aspect in 4D CAD tools, which are, as shown in section 4.2, ancestors of BIM software. The association of time to geometry allows construction simulation for sequence checking, the same way time can be associated to manufacturing operations on MRP systems (which are, by their turn, ancestors of ERP) to predict and improve manufacturing lead times.

On a later phase of the building lifecycle - *operation and maintenance* - again time-stamped records appear, now in a system which is midway between BIM and ERP: CAFM (Computer Aided Facilities Management). CAFM systems can deal with almost all enterprise information, except those related to the core business of the corporation and the underlying organization data, such as payroll and accountancy [38]. One typical CAFM focus area is space and asset management but also very popular is its maintenance module, often called CMMS (Computerized Maintenance Management Systems)[39]. History maintenance data, captured from service orders managed by these systems, are kept for long periods for trend analysis and for supporting strategic decision making on equipment replacement/overhaul and service contracts. Building data relevant to FM contained on a BIM model can be exported to some BIM-enabled applications [40][41] and managed from there.

CAFM systems can support and should interact with both ERP and BIM, being part of both systems' networking.

5. CONCLUSIONS

Both BIM and ERP are essentially Information Systems [42] and derive most of its value from data integration. Also, both systems are part of a network of integrated applications. In this study, some other aspects of these systems were compared and analyzed aiming to capitalize on lessons learned in the ERP domain for BIM benefit.

The NIST study on cost of inadequate interoperability [43] highlighted the opportunity for improving the connectivity between CAD/CAE/CAM and ERP, as integration between graphical and database systems could make their use for decision making more effective. BIM naturally integrates these two types of systems and can be the ideal channel for integration with ERP [9], getting information from it and outputting data ERP needs. Actually, BIM can become the center of AEC enterprises information infrastructure by its integrative nature [44].

An endless list of benefits made ERP in the past, and BIM now, irresistible technologies, fueled by software giants' marketing. Resulting from the evolution of previous concepts and having integration as their foundations, both technologies are a good fit for today's complex and fragmented environment.

ERP's architecture, standards and business model can all inspire those involved in BIM development. Certainly, there are many more aspects of ERP that can be observed and adapted to BIM, speeding up the maturation and consolidation of this technology in the AEC/FM market. This paper's innovation was on highlighting this possibility and starting this line of investigation.

REFERENCES

- [1] Radovilsky, Z. "Enterprise Resource Planning (ERP)", *The Internet Encyclopedia*, John Wiley & Sons, 2004, 853pp.
- [2] Davenport, T. H. "Putting the enterprise into the enterprise system". *Harvard Business Review*; Vol. 76, No 4, 1998, pp.121-31.
- [3] Kumar, K. and Van Hillsgersberg, J. "ERP experiences and evolution". *Communications of the ACM*, 43(4), 2000, pp.23-26.
- [4] Kessinger, K. "Globalization, SMBs driving ERP spending", *SAP News*. Available at <http://searchsap.techtarget.com/news/article/0,289142,sid21_gci1323800,00.html>. Accessed on 01/23/2009.
- [5] Rashid, M.A., Hossain, L. and Patrick, J.D., "The evolution of ERP systems: a historical perspective". In: Hossain, L., Patrick, J.D. and Rashid, M.A., Editors, 2002. *Enterprise Resource Planning: Global Opportunities and Challenges*, Idea Group Publishing, Hershey, PA, 2002, pp. 1–16.
- [6] NIBS, *Executive Committee Meeting*, March 15, 2006. Available at: <http://www.buildingsmartalliance.org/pdfs/nbims_chairexeccmtepres.pdf>. Accessed on 01/15/2009.
- [7] Autodesk, *Maintaining BIM Integrity in the Structural Engineering Office*. 2006. Available at: <http://images.autodesk.com/emea_s_main/files/Maintaining_BIM_Integrity.pdf>. Accessed on 01/15/2009
- [8] Kymmell, W., *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*, 2008, 270pp.
- [9] Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. John Wiley and Sons, 2008, 490pp.
- [10] Stokdyk, J. "ERP - evolution of a computing acronym", *Finance Week*, June 10, 2008. Available at: <<http://www.financeweek.co.uk/item/6174>>. Accessed on 01/17/2009.
- [11] Bond, B.; Genovese, Y.; Miklovic, D.; Wood, N.; Zrimsek, B.; Rayner, N. *ERP Is Dead - Long Live ERP II*, SPA-12-0420, Gartner Group, October, 2000. 3pp.
- [12] Tobin, J. "atomicBIM: Splitting Data to Unleash BIM's Power", *AEChbytes "Building the Future" Article*, October 7, 2008. Available at <<http://www.aechbytes.com/buildingthefuture/2008/atomicBIM.html>>. Accessed on 01/23/2009.
- [13] Fischer, M. *Introduction to 4D Research*. Available at:< <http://www.stanford.edu/group/4D/>>. Accessed on 01/19/2009.
- [14] O'Brien, W. Towards "5D CAD --- Dynamic Cost and Resource Planning for Specialist Contractors". *Proceedings of ASCE Construction Congress 6*, Orlando, Florida, 2000, pp. 1023-1028.
- [15] Lee, A. and Sexton, M.G. "nD Modelling: Industry Uptake Considerations", *Journal of Construction Innovation*, Vol. 7, No 3, 2007, pp. 288-302.
- [16] Szitas, Z., "Technical requirements in enterprise resource planning systems", *Proceedings of the 27th International Spring Seminar on Electronics Technology*, 13-16 May 2004, pp. 461-466.
- [17] Akinci, B. and Boukamp, F. "Representation and Integration of As-Built Information to IFC Based Product and Process Models for Automated Assessment of As-Built Conditions.", *the Nineteenth International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2002)* September 23-25, 2002, Washington, DC USA, pp. 543-549.
- [18] Archibus, *Building a Better TIFM: Moving from Building Information Modeling to Enterprise Information Modeling*. Available at:< http://www.archibus.com/asset/0701/wp_bim_to_eim.pdf>

CFID=409714&CFTOKEN=6ed0082a64628bbf-E108B80A-1F29-6207-9AC75A241FB92AD3>.
Accessed on 01/17/2009.

- [19] Eurostep, *Eurostep ModelServer for IFC*. Available at: <http://ems.eurostep.fi/emsdoc/EMS_Flyer.pdf>. Accessed on 01/19/2009.
- [20] Eastman, C. "New Opportunities for IT Research in Construction". *EG-ICE 2006/ LNAI 4200 Intelligent Computing in Engineering and Architecture*. Springer, 2006. pp. 163-174.
- [21] IAI, *IFC 2x Edition 2 – Model Implementation Guide*. Available at < http://www.iai-international.org/Model/files/20040318_Ifc2x_ModelImplGuide_V1-7.pdf>. Accessed on 01/17/2009
- [22] IBM, *IBM Dictionary of Computing*, 10th edition, McGraw-Hill, 1993, 758pp.
- [23] IAI, *The IFD Specification*. Available at <http://www.iai-tech.org/products/related-specifications/ifd_specification>. Accessed on 01/17/2009.
- [24] Fernigan, F. E. *BIG BIM little bim*, 4Site Press, 2008, 428pp.
- [25] OAGi, *Who Uses OAGIS?* Available at: http://www.oagi.org/oagi/downloads/Presents/2008_0320_Who_Uses_OAGIS.pdf. Accessed on 01/19/2009.
- [26] Sheldon, T. *Encyclopedia of Networking & Telecommunications*. McGraw-Hill, 2001, 1296 pp.
- [27] IAI, *International Alliance for Interoperability Website*. Available at: <<http://www.iai-international.org>>. Accessed on 01/19/2009.
- [28] ISO, *ISO/PAS 16739 - Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform)*. 2005.
- [29] IAI, *Information Delivery Manual*. Available at:< <http://www.buildingsmart.com/content/process>>. Accessed on 01/19/2009.
- [30] Connelly, D. *Plug and Play Business Software Integration - The Compelling Value of the Open Applications Group*. 2005. Available at:< http://oagi.org/oagi/downloads/whitepapers/whitepaperdocs/OAGi_White_Paper.pdf>. Accessed in 01/19/2009.
- [31] Hietanen, J. *BLIS Review : IMSvr*, 2002. Available at: < http://www.blis-project.org/software/reviews/IMSvr_Review.pdf>. Accessed on 01/19/2009.
- [32] Kiel, P. *OAG and STEP convergence*. July 31, 2008. Available at: < <http://www.xmlhelpline.com/blog/2008/07/oag-and-step-convergence.html>>. Accessed on 01/19/2009.
- [33] ISO *TC154 - Processes, data elements and documents in commerce, industry and administration*. Available at: < http://www.iso.ch/iso/about/organizations_in_liaison/organizations_in_liaison_details.htm?id=344611&LiaisonList=True>. Accessed on 01/19/2009.
- [34] Kassem, G.; Schult, R., "ERP Self-Adaptive customizing," *Information and Communication Technologies: From Theory to Applications*, 2008. *ICTTA 2008. 3rd International Conference on*, pp.1-5, 7-11 April 2008.
- [35] Holland, C.R.; Light, B., "A critical success factors model for ERP implementation," *Software, IEEE* , Vol.16, No 3, May/Jun 1999, pp.30-36
- [36] Lockhart, S. D.; Johnson, C. M. *Engineering design communication: conveying design through graphics*. Prentice-Hall, 2000. 719p
- [37] Ptak, C.; A., Schragenheim, E. *ERP: Tools, Techniques, and Applications for Integrating the Supply Chain*. CRC Press, 2003, 464pp.
- [38] Excitech Computers, "What is CAFM", *Design Productivity Journal*, Vol.1, No 7, pp.4-5, Sept., 2000.
- [39] Teicholz, E. *Computer-Aided Facility Management*. McGraw-Hill, 1992. 181pp.
- [40] Khemlani, L. "Autodesk FMDesktop: Extending BIM to Facilities Management", *AECbytes "Building the Future" Article*, January 25, 2007. Available at < <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2007/FMDesktop.html>>. Accessed on 01/20/2009.
- [41] Autodesk, *BIM and Facilities Management*. Available at: < http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_and_fm_jan07_1_.pdf>. Accessed on 01/20/2009.
- [42] Kajan, E. *Information Technology Encyclopedia and Acronyms*. Springer. 2002. 684 p.

- [43] Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn, Jr., J.L. and Gilday, L. T. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*, National Institute of Standards and Technology, NIST GCR 04-867, 2004, 209p.
- [44] Dunwell, S. *Linking the Front & Back office...the ERP Vendors perspective*. IAI International Conference London 18th April 2007. Available at: < http://146.87.15.57:9080/buildingSmart/events-1/buildingsmart-conference/conference_presentations/conference06>. Accessed on 01/17/2009.

MANAGEMENT OF INNOVATION TO ENHANCE THE SAFETY DESIGN IN TALL BUILDING PROJECTS

Hande ÜNLÜ (1); Tomonari YASHIRO (2)

(1) The University of Tokyo, Institute of Industrial Science, Architecture Department,
Ph.D. Candidate, hande@iis.u-tokyo.ac.jp

(2) The University of Tokyo, Institute of Industrial Science, Architecture Department,
Professor, yashiro@iis.u-tokyo.ac.jp

Abstract

This is an ongoing research which aims to propose alternative solutions on management of making new technologies and innovations on the safety design of tall buildings. This paper examines the key ideas by presenting tall building project case studies from Japan and makes comparisons with overseas cases. The investigation focus of the case studies is, basically, to determine the "physical & organizational vulnerabilities" through the analysis of the management of knowledge during the project life-time. This paper briefly: 1) Describes the origins of knowledge management through the process of innovation management. 2) Defines the physical and organizational vulnerabilities of tall building projects and the necessities of innovations. 3) Points out the importance of code-plus-performance analysis based safety designs in relation to the knowledge and technology fusion aspects. 4) Discusses the sufficient combination of explicit and implicit codes used within the technology and knowledge acquisition process. 5) Identifies the critical issue of intelligent building automation systems to improve building safety. 6) Puts forth the most common policies which exist in Japanese and international organizations for developing innovation through case studies on tall building projects.

Keywords: Tall buildings, Physical and organizational robustness, Performance based design.

1. INTRODUCTION

In recent decades, the intense dynamic environment of capital markets have expanded to new regions of the world and have given rise to the new era of urban competitions among the current capital leaders and the new ones. Thus, the rapidly increased amount of tall building projects, in other words "the iconic-architecture of capitalist globalism" [1], became one of the strongest tools to brand the city by symbolically putting the national level of capital power forth. As a matter of fact, the global competitions of building "the tallest", "the most innovative" and "the greenest" and so on have generated impressive improvements in many relative fields.

While most innovations were mainly focused on the structural forms and energy production systems, unfortunately, the improvements in the safety design remained relatively out of focus. However, the overall innovative solutions have introduced many new materials and extreme conditions to the super-tall buildings which require reconsideration of the current safety issue based approaches. Therefore, this ongoing research aims to propose alternative solutions on management of making new technologies and innovations on the safety design of tall buildings.

2. INNOVATION AND PERFORMANCE BASED DESIGN

Every super-tall building project brings massive complexities within every phase of its overall project life-time. Considering the planning stages of the building safety against physical vulnerabilities, the main concerns could be grouped into 1) dynamic loads (e.g. earthquakes, wind), 2) fire and 3) extreme events (e.g. terrorist attacks) chapters. Considering the robustness of the system against fire, code based design approach is being dominantly used. Despite the unusual space orientations or irregular forms along the unusual height of super-tall buildings, the evaluation of the robustness of the overall system (such as design of egress

system, real-time monitoring systems and the maintenance issues and so on) requires more than the building codes checklists. In the case of handling unique and complicated problems through the design of super tall buildings, the risk of miscalculations is naturally higher than any other ordinary project. Therefore, the building codes concerned should be integrated with performing realistic risk analysis, such as use of simulation software and performing actual tests and experiments (e.g. wind tunnel tests, dynamic force tests on new materials, etc.) [2]. Nevertheless, the fire safety design regulations in many countries still do not require either computer aided performance based design (PBD) analysis or actual tests for tall building projects. However, there are significant improvements achieved particularly on U.S. regulations after 9/11 terror for the enhancement of the safety of tall buildings.



FIGURE 1
WORLD TRADE CENTER 9/11

Robert Solomon from National Fire Protection Association of the United States (NFPA) supports the previously mentioned approach and introduces NFPA's newly developing tool which is called Leadership in Life Safety Design (LLSD) [2]. LLSD is a tool which is derived from Risk Indexing System and builds on the content of the CTBUH Building Safety Enhancement Guideline that was released in May of 2002.

LLSD is a model that can be considered by developers, owners and the design community to measure the impact of providing some redundant system, feature or enhancement to advance the level of safety. This tool is aimed to be used in parallel to LEED (The Leadership in Energy and Environmental Design) and BSC (Building Security Rating System).

Furthermore, LLSD considers the post-9/11 effects and recent innovative improvements in the construction industry and establishes following building parameters to that particular enhancement: Building configuration and general conditions, Building enclosure, Fire resistive construction, Elevator use and configuration, Stairs and enclosure, Areas of refuge / Special escape system, Building systems (e.g. independent power supply risers), Structural systems (e.g. testing the safety robustness of recent innovative structural systems), Security protocol (e.g. video camera, monitoring, e-ID check, etc.), Chem.-Bio Criteria (e.g. air quality sensors which are sensitive to any undefined organisms in the air), Operational Requirements (e.g. elevator criteria) and Innovational Special Design (e.g. testing new performance based design components).

After the 9/11 terror, most of the tall building possessors applied the eventually developed "Terrorism Risk Insurance" which includes the checklist of Federal Emergency Management Agency of the United States (FEMA). However, this checklist still requires recent updates such as at LLSD tool regarding the revision of new technologies and their relevant side-effects.

Reference [3] presents another example of fire protection strategy from Pearl River Tower, Guangzhou in China which was designed based on performance analysis and not fully addressed by China codes. Fire protection and life safety consulting specialist firm Rolf Jensen and Associates (RJA) was hired by Skidmore Owings and Merrill, (the general contractor of the project) to achieve this target. RJA's own "FireDynamicsSimulator" and

"PathFinder Egress Simulation" programs were used through analysis. It is also mentioned that China codes were often defective for the project. Hence, the code-plus performance analysis based design was highly necessary.

Another case, Burj Dubai which has not been completed yet though, already announced as the tallest building in the world, was engaged to numerous performance analysis based designs. Such as, the dynamic load of wind which was demonstrated by the specialist firm RWDI (wind engineering consulting services, sustainable design, environmental air quality, noise and risk services firm) as well as the structural robustness which was simulated by SOM (Skidmore, Owings & Merrill LLP) for the next 50 years predicted performance [4]. However, any structural health monitoring and real-time data recording/updating systems were not mentioned except for the simulation based structural design.

2.1. INTELLIGENT AUTOMATION SYSTEMS

On the other hand, the intelligent building automation and management systems have significant importance in increasing the physical robustness of the structure and the life-time of the building beyond increasing the property value in capital in the real estate market. There are several developments in this field such as wireless damage sensors [5] and real-time space and structural monitoring systems. PBD tools have again a significant role to generate realistic scenarios for building automation systems to be sufficiently structured to enhance the safety design. These improvements help to actualize faster evacuations as long as the type and the exact location of structural damages are able to be identified (e.g. the signals which flow along the steel structure reports any unusual deformations to the system center) and detect the resource of smoke/fires much faster than the conventional methods. So far, the innovation in the scope of intelligent building automation and management systems has a vital importance and this ongoing research focuses on the administrative models to procure the required business environment for improvements in this field.

2.2. COLLABORATION TECHNOLOGIES FOR INNOVATION

As it is observed through the above cases the PBD applications are one of the most important tools for the drivers of innovation in every field. In many cases the overall management of innovation process within construction industry requires integrated business architecture and knowledge flow [6]. In order to provide the requirements of producing new approaches, in other words "making innovation" the knowledge transfer among relative parties makes use of collaborative technologies that are shown in Figure 2 and Figure 3 [7], such as web-based

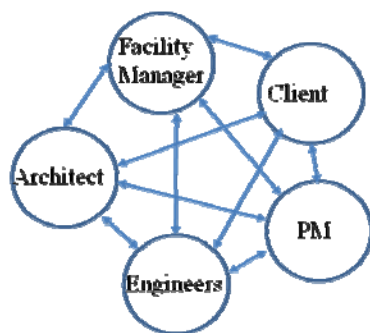


FIGURE 2
CONVENTIONAL PROJECT TEAM
COMMUNICATION

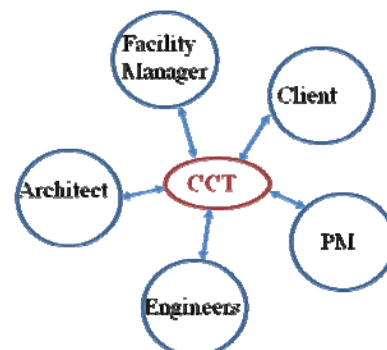


FIGURE 3
PROJECT TEAM COMMUNICATION USING
CONSTRUCTION COLLABORATION TECHNOLOGIES

project hosting services, online project media for inter and intra firm communication (e.g. Buzzsaw, BuildOnline etc.). Some of these collaboration technologies include a system/media which record project-related discussions or pass messages between team members. Today, this rapidly growing online knowledge sharing system catalyzes better transfer of both implicit and importantly tacit knowledge which is generally hard to be materialized and transferred.

3. TALL BUILDING CASES FROM JAPAN

Not so long time ago, in 1968 the first tall building of Japan, Kasumigaseki Building was accomplished. This project was a big challenge for Japanese engineers and architects who were not experienced to solve the physical complexities of a building that is higher than 10 stories in Japan where the wind and seismic loads are relatively higher than any other places in the world. The structure design of the building was initialized by the concerns of seismic loads and the overall anti-seismic structural design was tested through the simulations of El Centro earthquake CA, 1940 model. Besides this, the H-shape steel columns were developed for the first time in the world and many other impressive construction innovations were achieved within the Kasumigaseki project. During this project, the scale of innovations covered several different industries and gave rise to an impressive interdisciplinary teamwork.

The implication of this project had a very unique way of knowledge management. The decision making mechanism was divided into two: gradual by roles which was company based and network type by divisions. "Vision-driven goal sharing" structure of the collaborations among the client, main contractor, subcontractors and consultants generated a highly qualified teamwork. For instance; the technical meetings were realized including every stakeholder in the same place around a hundred times. As a matter of fact, the main characteristic of the project was "the combination of tacit knowledge, experimental knowledge and collected materials" [8].

3.1. METHODOLOGY OF THE SURVEY

This research is being realized respectively in Japan, U.K. and Turkey. Japanese case survey of construction innovations in tall building projects had been initialized by learning from the history of "Kasumigaseki Building" and continued by conveying investigations on the recent examples such as in Figure 4 and Figure 6. The investigations were realized through structured interviews and followed by questionnaire surveys. The interview part of the research aims to obtain information about the knowledge transfer among main contractors and subcontractors/consultants in the process of improving a new system which enhances the physical robustness of the building. Interviewees were mainly fire engineers, structure engineers, façade engineers and project managers who had been involved in tall building projects before. Prior to forming the interviews' outline, twelve important factors for the management of innovation were detected based on previous researches and observations. Subsequently, these twelve factors were grouped under the four main innovation triggering or hampering factors which are listed in Table 1. Therefore, each one of the interview questions refers either one or more of these subfactors. In Japan, the most advanced five Japanese construction companies which are called "general contractors" dominate over most of the tall building projects in Japan and also perform overseas. These companies maintain a very advanced level of in-house design, building and R&D activities. Therefore, general contractors in Japan are the system integrators in many cases of innovative construction works and generate a suitable environment for inter and intra firm knowledge to be managed integrally.

In the Japanese case of this research, interviews were made both with the general contractors and the subcontractors which had been involved with either "design & build" type tall building projects or the tall building projects where the design and construction works were achieved by independent stakeholders through modular business architecture.

For each interview, the questions were rearranged according to the interviewee's and the company's position during the mentioned project life-time. Only one of the investigated tall building projects was not completed in Japan but in Dubai. This project is still under construction and executes distinctive knowledge management rather than traditional Japanese applications. Along with this, the project brings Japanese design and engineering consultant companies together with numerous international parties in the project's platform.

TABLE 1
THE EMPHASIZED INNOVATION CATALYZING FACTORS THROUGH THE INTERVIEW SURVEY

Main Factors	Subfactors
Slack Resources	- Contract Flexibility - Financial Flexibility - Alliance Tendency
Knowledge Mobility	- Scale of inter-firm knowledge transfer - Way of knowledge transfer / Effective information gathering capability - Broadness of task assignment
Strength of Integrators	- Strength of internal integrators - Strength of external integrators - Process Overlapping
Scalable Performance	- Continuous Improvement / R&D - Building Codes - Performance based design usage

3.2. OBSERVATIONS



In the case of general contractors' design and build model in tall building constructions, the observations show that the integrity of the project slightly increases the knowledge mobility among the general contractor and subcontractors. In western countries opposite to the Japanese integrated model the construction business architecture tends to be modular in most of the cases. Regarding the comparisons in between modular and integral system practices construction works are often likened with the automobile industry [9]. The horizontal technology transfers from Lean production to Lean construction approve the system similarities between these two industries.

FIGURE 4
HAYEK CENTER, GINZA-TOKYO

Below Figure 5 briefly shows the relation between knowledge mobility and business architecture through the cases of semiconductor industry, automobile and LCD (Liquid crystal display) industries [10].

According to the survey observations in particular, the code-plus PBD activities in Japanese case of tall building projects is likely to be slightly more modular where the mobility of knowledge is higher than the automobile industry. This circle hypothetically shifts for different countries affected by cultural matters. Subsequently, the appropriate combination of explicit and tacit knowledge mobility would keep the circle at the optimum level if the required amount of improvement in the weaker part is known empirically.

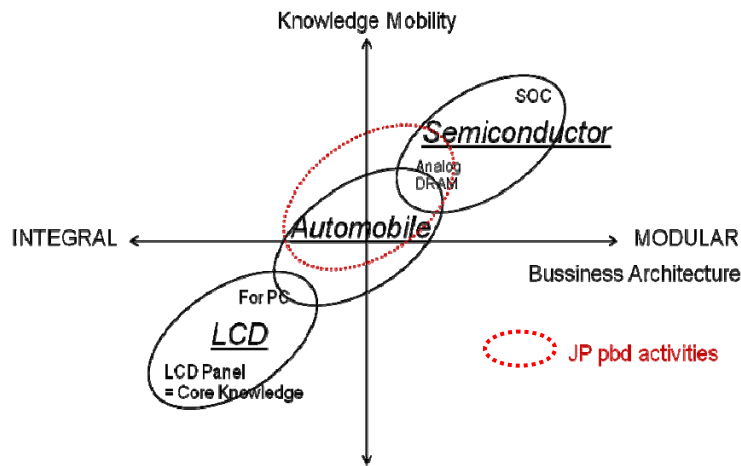


FIGURE 5
RELATIONSHIP BETWEEN KNOWLEDGE MOBILITY AND BUSINESS ARCHITECTURE

Observations have also pointed out that the use of collaborative technologies in Japan is less than half of the cases. However, the frequency of the knowledge transfer is higher than in western countries. The transferred knowledge was concerned as explicit and tacit knowledge. According to the interviews, the explicit knowledge transfer in modular and integral business models are similar to each other. Besides this, the knowledge mobility of tacit knowledge is likely to be relatively higher in the integral business model where most of technological developments were performed 50% or more in-house. In the case of modular models where the construction works are performed by other than the design phase stakeholders, innovation is mostly developed during the design phase by the collaboration of the architect and the consultant engineers which is highly influenced by the demands of the client. However, in this model manufacturing, subcontractors are unlikely to have any knowledge transfer from the origin of the innovation makers. Because of this reason in the meantime, significant tacit knowledge which may inspire another innovation or be improved in the future just disappears.

Moreover, the observations show that the fire safety regulations in Japan neither require scenario modeling and fire safety risk assessment nor allow the use of CFD (Calculation Full Dynamics) and some advanced fire detectors for tall buildings. On account of the circumstances, in some cases solutions are likely to be restricted by regulations and designers may tend to use only code checklists.

On the other hand, in the case of overseas projects of Japanese stakeholders, several organizational fragmentations were observed. The main problems can be summarized as the inexperienced client, inexperienced project manager, no risk assessment, insufficient degree of explicit and implicit codes mobility, communication problems because of cultural and organizational incompatibilities, no flexible resources and dominance of traditional methods.

As a result, the qualitative ratings of the necessary innovation catalyzing factors that are listed in Table 1 were relatively low for this project.

4. CONCLUDING COMMENTS

According to the observations of the interview survey, Japanese qualified level of collaboration in construction projects are likely to be catalyzed by two domain factors:

- 1) Cultural matters: The tendency of teamwork in the Japanese construction industry is relatively higher than individualism and so is mutual reliance.
- 2) General contractors: High quota of general contractors in the Japanese tall buildings construction market allows them to perform a continual collaboration with their subcontractors, to specialize in horizontal technology transfer and create multidisciplinary knowledge as well as "technology fusion" [11].



FIGURE 6
COCOON TOWER, SHINJUKU-TOKYO

Each super tall building is another challenge and one of the most significant accelerators of the construction innovation for the industry. Tall building projects rise opportunities to develop cross-industrial collaborations and improve the technology fusion approach in the industry.

Therefore, due to the above reasons the industry is highly in need of organizational rearrangements to improve advanced alternative solutions to enhance the vulnerable factors of increasing amount of tall buildings.

Consequently, the post-disaster effects such as structural and infrastructural damages in tall buildings occupy another significant discussion area on robustness of the overall system and the project. The terms "technology fusion", "business architecture models" and "code-plus performance analysis based design" is suggested to be more focused from the perspective of the management of

This research is planned to be improved through international case surveys in Japan, U.K. and Turkey in order to distinguish the differences in business architecture of construction innovations in different continents through different cultures. Finally, in order to reinforce the continuity of building operations against any kind of disasters, more case studies and deep investigations are needed.

REFERENCES

- [1] Sklair, L. "Iconic Architecture and capitalist Globalization ", *Cities*, Vol. 10, No 1. 2 April 2006, pp. 21-47.
- [2] Solomon, R., "Measuring Optimum and Code-Plus Design Criteria for the High Rise Environment ", *CTBUH 4th International Congress Proceedings*, March 2008, pp. 612-619.
- [3] Li, F., Antell, J., Reiss, M., "Pearl River Tower, Guangzhou: Fire Protection Strategies for an Energy Efficient High-Rise Building ", *CTBUH 4th International Congress Proceedings*, March 2008, pp. 716-722.
- [4] Baker, W.F., Korista, D.S. and Novak, L.C., "Engineering the World's Tallest – Burj Dubai", *CTBUH 4th International Congress Proceedings*, March 2008, pp 43-52.

- [5] Wang, Y., Lynch, J. P. and Law, K. H., "A Wireless Structural Health Monitoring System with Multithreaded Sensing Devices: Design and Validation", *Structure and Infrastructure Engineering*, Taylor & Francis Group, United Kingdom, 2007, Vol. 3(2), pp. 103-120.
- [6] Fujimoto, T., "The Evolution of a Manufacturing System at Toyota", *Oxford University Press*, 1999.
- [7] Wilkinson, P., "Construction Collaboration Technologies, The Extranet Evolution", *Taylor & Francis Group*, 2005.
- [8] Hirao, K., Yashiro, T. and Yoshida S., "Study for the structure of innovation model of construction projects: Part2 Study on the Kasumigaseki building project " (in Japanese), *Summaries of technical papers of Annual Meeting Architectural Institute of Japan. F-1, Urban planning, building economics and housing problems*, Vol.2006 (20060731) pp. 1219-1220.
- [9] Gann, D.M., "Construction as a manufacturing process? Similarities and differences between industrialized housing and car production in Japan", *Construction Management and Economics*, Vol. 14, 1996, pp. 437-450.
- [10] Nakata, Y., "Knowledge Mobility and Architectural Barrier of Technology Transfer: Empirical Study from Liquid Crystal Display, Semiconductor and Automobile Industries", *TMC Japan 2008 1st International Conference on Technology Management Proceedings*, October 2008, pp. 72-77.
- [11] Kodama, F., "Technology Fusion and the New R&D" *Harvard Business Review*, July-August 1992, pp. 70–78.

BUILDING INFORMATION MODELING INTEGRATED TO ANALYSIS TOOL IN THE CONCEPT DESIGN STAGE

Max Lira Veras X. de Andrade (1); Regina Coeli Ruschel (2)

(1) PPGE/ FEC/ UNICAMP, Campinas/São Paulo, maxandrade@uol.com.br

(2) DAC/ FEC/ UNICAMP, Campinas/ São Paulo, Regina@fec.unicamp.br

1. INTRODUCTION

Building Information Modeling (BIM) has motivated research in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry business process. This extended abstract presents an ongoing doctoral thesis research, which discusses the incorporation of BIM into the digital architecture design process and proposes to analyze an alternative use of BIM for conceptual design. The hypothesis is that if BIM is “*a modeling technology and associated set of processes to produce, communicate, and analyze building models*” [1] then BIM will be better taken advantage of as an integrated with performative architectural design as compared to integration with CAD descriptive design model or Generation-evaluation CAD design model during early design stage [2]. To develop the hypothesis an action research will analyze and evaluate the introduction in design education studio of digital design integrated to BIM in the conceptual design stage taking into account these three different design models as described by [2]. It has been chosen to study public school projects for the state of São Paulo, in Brazil, due to the existence of regulations suggesting very specific guidelines and rules, which can be used for performance bases.

2. BIM INTEGRATING WITH PERFORMANCE MODEL

The design process involves many stages and large mental exercises [3]. Some of the abilities to solve architectural problems rely on accumulated experience, based on knowledge. At the same time, design solutions relate to synthesis and analysis process. In this way, recently new tools have been developed to help architects in the analysis process taking advantage of the BIM technology. These tools use for example: space program validation, layout validation, preliminary energy analysis, preliminary cost estimation, circulation analysis and security assessment [4]; providing design critic and therefore, improving the design quality.

While some of these tools use automated assessment to analyze the performance of design, and modify it according to results, a more intelligent design model can use performance-based simulations [2] that act directly on synthesis process, modifying it according to performance properties. Therefore, production and analysis are simultaneous and act upon the creation of building models. Since in BIM technology and procedures **building models** are characterized by intelligent building components, including behavioral description and involving consistent, non-redundant and coordinated data [1]; then it is suited to incorporate performance parameters for the support in the synthesis process integrated to analysis.

3. DESIGN CONTEXT

The design exercise will be on conceptual studies for fundamental schools based on building specification and rules defined by the state of São Paulo (Brazil) Education Agency – *FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO (FDE)*. The agency specifies the product, deliverables, functional principle, technical norms and legislation that will regulate a new building design. The FDE Educational Building Specification [5] outlines

spatial and dimension, circulation, environmental, installation and other state school requirements. Its include cost estimation, quality of natural lighting, site condition, number stories, spatial layout of each room, with functional aspect and areas, connection between rooms, accessibilities conditions, disposition of sports court, etc. All of these requirements should be considered in early design process.

4. DESIGN STUDY

According [6], *"a deeper understanding of design activity can only be build ... in which the process and content of design activity are connected with a model of the designer and the context in which designing is taking place."* Therefore, in order to evaluate which digital design model better takes advantage of BIM technology in early conceptual architectural designs we will conduct multiple action researches and compare results. The design activity will be in the design context previously presented. The design context will include three different digital design model: CAD descriptive model, generation-evolution CAD model and performance model, all of these integrated in BIM resources. For each one we will develop a design process that includes appropriate BIM tools. Designer in two levels of expertise will be involved in the design exercise: novice and competent designer, as described by [6]. Workshops will be conducted as design studios for the same exercise that is, to develop a conceptual design for a state fundamental school following FDE regulation and rules. Therefore, six workshops will be developed. Two for each of the three design models, varying level of designer expertise. The process will be registered by design discussions and follow-up of design alternatives. The collected data will be comparing in order to identify the differences and best conformance to original specifications and site conditions and use of building model.

5. CONCLUSION

As a result, this work will try to show that performance-based model can improve BIM integrated practice, encouraging intelligent modeling and developing new architect skills, in BIM era, compared to traditional digital design models. At the same time, this work will develop a form-making performance-based conceptual design for fundamental schools considering FDE regulation and rules.

REFERENCES

- [1] Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- [2] Oxman, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. Design Studio 29 (2008) 99-120: ELSEVIER. 2007. In: www.elsevier.com/locate/destud.
- [3] Rowe, Peter. "Design Thinking", 6. Ed. Mit press, Cambridge, 1995.
- [4] Khemlani, L. Top criteria for BIM solutions: A Survey conducted by AECbytes, <http://www.aecbytes.com/feature/2007/BIMSurveyReport.html>. Last accessed October 29, 2008.
- [5] Fundação para o Desenvolvimento da Educação – São Paulo. "Diretorias de Ensino: especificações da edificação", São Paulo: FDE/DOS, 2007. 212p.
- [6] Dorst, K. Design research: a revolution-waiting-to-happen, (p7). Design Studio 29 (2008) 4-11: ELSEVIER. 2007. In: www.elsevier.com/locate/destud.

KNOWLEDGE AND INFORMATION MANAGEMENT IN CONSTRUCTION CONTRACTING FIRMS – THE U.S. PERSPECTIVE

Rizwan U. Farooqui (1); Syed M. Ahmed (2)

(1) Ph.D. Candidate, Department of Construction Management,
Florida International University, Miami, Florida, USA

(2) Graduate Program Director & Associate Professor,
Department of Construction Management,
Florida International University, Miami, Florida, USA

Abstract

Knowledge and information are vital resources for a construction organization. Because of their importance, if managed effectively, knowledge and information can be used to reduce project time, cost, and improve quality and, therefore, improve the project success. However, management of knowledge and information is not easy. To date, not much research has been conducted as to the adoptability and extent of use of knowledge and information management as a core process in construction industry. Consequently, this research attempts to assess the current state of adoption and implementation of knowledge and information management principles and practices in major U.S. construction firms, with the objective to identify strategies for improved adoption and implementation.

The primary data for this research was collected via questionnaire survey and interviews with various representatives from construction contracting firms working in major construction sectors. Salient findings are as follows. Most organizations have developed infrastructure (including knowledge base) to help employees perform better jobs; they have been focusing on knowledge awareness among their employees; they use knowledge management as a tool for decision making; they use technology (computer tools and networking) as a means of knowledge management. On the contrary, most organizations do not recognize their employees as assets; they have a weak focus on the management perspective of knowledge and particularly on investing in or exploiting knowledge for competitive advantage; only a small proportion of organizations utilize it for generation of new knowledge, deriving new knowledge and/ or encoding/ decoding knowledge; majority do not have any mechanisms to quantify knowledge; a considerable proportion either do not have formal strategies to guard knowledge; documentation is a weak area: organizations either do not keep record of documents or do limited documentation on need basis; generation of new knowledge via analysis is rarely adopted as a means of knowledge generation by organizations.

Major conclusions and recommendations are as follows: Knowledge management in organizations must be considered from managerial and innovation perspectives. Quantitative as well as qualitative decision making needs to be employed. Adoption of knowledge management as an integrated management tool to improve organizational and industry performance is imperative. Quantification of knowledge through formal mechanisms needs to be employed. Use of technology to increase efficiency as well as effectiveness of knowledge management is largely needed. Also, improving trust between management and employees and empowering employees is imperative. The knowledge management approach needs to incorporate methods of leveraging cumulative experience into itself. Use of knowledge management systems needs to be encouraged. Acceptance of knowledge as a valuable and patent asset needs to be infiltrated. Documentation practices need substantial improvement. Generation of new knowledge via analysis should be encouraged as an innovation approach.

Keywords: Construction Management, Knowledge Management Culture, Knowledge Management Strategy, Knowledge Management Processes.

1. INTRODUCTION

Knowledge management (KM) is the name given to the set of systematic and disciplined actions that an organization can take to obtain the greatest value from the knowledge available to it. “Knowledge” in this context includes both the experience and understanding of the people in the organization and the information artifacts, such as documents and reports,

available within the organization and in the world outside. Following the above definitions, KM can be referred to as a broad concept that addresses the full range of processes by which an organization deploys knowledge. These involve the acquisition, retention, storage, distribution and use of knowledge in an organization. Effective KM typically requires an appropriate combination of organizational, social, and managerial initiatives along with, in many cases, deployment of appropriate technology.

Knowledge is a vital resource in the construction industry as well as in other project-based industries. KM has been sold as a tool to improve performance with many academic and practitioners advocating the business benefits of KM including revenue growth, shorter design and production times, customer and staff satisfaction, market leadership, etc. [1]-[2]. These findings have also been supported by companies such as BP, Buckman Laboratories, Marconi, Texaco Chevron, World Bank, etc. It is these benefits that many construction organizations seek to mirror when they invest in knowledge management. Unfortunately, these efforts have been hampered by the wide range of opposing definitions of knowledge management and different approaches adopted by companies. This adds to confusion within companies with conflicting interpretations of KM and a lack of distinction from information management systems.

Early literature on KM was preoccupied with the distinctions between data, information, and knowledge. However, it is now recognized that companies need a fluid mix of all these and while it is important to distinguish between information management and knowledge management, the latter also needs information management. [3] defines knowledge management as “the identification, optimization, and active management of intellectual assets to create value, increase productivity and gain and sustain competitive advantage.” Other similar definitions are provided by [4]-[6] and stress the proactive exploitation of knowledge to improve company performance.

Organizations have adopted two different strategies to implement KM. The information technology (IT) – centric strategy focuses on the use of IT tools to facilitate the capture, access, and reuse of information and knowledge (Earl 2001; O’Leary 2001). These use electronic databases such as project extranets and collaborative tools to facilitate knowledge sharing. The human resource management (HRM) – centric strategy focuses on the establishment of means to motivate and facilitate knowledge workers to develop, enhance, and use their knowledge in order to achieve organizational goals [7]-[8]. It fosters a learning organization, creation of networks, identifies and disseminates lessons learned on previous projects, addresses organizational culture, etc.

KM is important for an organization because it determines what information within an organization qualifies as “valuable.” All information is not knowledge, and all knowledge is not valuable.

KM has been treated for years in an implicit way: everybody knows it is necessary, everybody knows it is important, but there is no explicit methodology that addresses its many facets. Because of its importance, if managed effectively, knowledge can be used to reduce project time and cost, and enhance quality and, therefore, improve the project success. However, the management of knowledge assets (physical, financial, human and intellectual) is not that simple. Such management requires a concerted effort by the company to look into all aspects of its operations and be willing to change if necessary.

2. KNOWLEDGE MANAGEMENT IN CONSTRUCTION

Knowledge Management has become an important term in the construction industry. Professionals in the fields of Architecture/Engineering (A/E), Construction and Project Management constitute interdependent communities of practice in the construction industry. At the core of professional practice in these three fields are collaborative, integrated and productive teams comprised of all stakeholders in a construction project lifecycle. These stakeholders include teams of designers, builders, real estate developers, contractors, construction managers and owners. The work of these interdisciplinary, cross-functional and geographically dispersed teams should be guided by collaboration, open knowledge sharing, and effective knowledge management. This type of integrated practice should leverage and facilitate each team's contribution of knowledge and expertise through the use of knowledge management processes, thereby reducing delays, errors and liabilities associated with the design and construction process while improving the performance, economy, safety and sustainability of the built facilities.

Construction companies have always relied on their knowledge assets to provide services to clients. Knowledge management seeks to formalize the manner in which companies exploit their knowledge assets by harnessing organizational knowledge, promoting greater collaboration between groups with similar interests, capturing and using lessons learned on previous projects, etc. Knowledge management involves creating, securing, capturing, coordinating, combining, retrieving and distributing knowledge. Knowledge can be reused and shared among the involved engineers and experts to improve the construction process and reduce the time and cost of solving problems. Sharing and reusing knowledge depends on acquiring and preserving both tacit knowledge and explicit knowledge as the property of a corporation.

Thus knowledge management has created considerable interest in many large, geographically dispersed construction companies where there is a need to tap into the knowledge and expertise of employees, regardless of location. In the United Kingdom, many leading engineering design and construction firms have appointed knowledge managers to oversee their knowledge management activities. These include companies such as Amec, Arup, Balfour Beatty, Bovis Lend Lease, Cyril Sweett, Taylor Woodrow, Turner Townsend, Wates Construction, etc. In addition, there are a number of publicly funded projects investigating how knowledge management could be exploited in the construction sector. These include the Construction Industry Research and Information Association's (CIRIA) *Benchmarking Knowledge Management Practice in Construction* [9] and 'Building a Business Case for Knowledge Management, and the Partners In Innovation (PII) Knowledge Management for Sustainable Construction. In addition, there are numerous other research projects based at universities that include industry collaborators. Combined, these projects have provided an overview of the state of knowledge management within the United Kingdom sector and have highlighted the knowledge management activities in the industry, the benefits to be derived, and the challenges encountered.

Unlike the United Kingdom, construction organizations in the United States have been slow in implementing knowledge management as a core process in the construction industry. There is quite a mixed awareness of the terminology "knowledge management" and what constitutes "knowledge" and none of the medium-sized firms are aware of the terminology [10]. In the U.S., APQC (American Productivity and Quality Centre) has a knowledge management benchmarking forum but to date construction companies have not participated. Moreover, the perception that lessons learned or using project extranets are a company's knowledge

management systems are two major misconceptions. Many construction organizations claim to undertake lessons learned sessions at project closeout. While these contribute to knowledge sharing, lessons learned are only one specific mechanism to share knowledge. Lessons learned add to knowledge gained but frequently they are not conducted in a systematic manner and have other shortcomings including the absence of all relevant stakeholders, incomplete recording of lessons learned, and ad hoc dissemination of the findings, if at all [11]. This means that lessons learned are not leveraged as well as they may be [12]. Some organizations also misinterpret their intranet/extranet as the knowledge management system. While these are vital for both communication and access to data, they are information systems rather than knowledge management systems.

Consequently, the purpose of this research is to study and critically evaluate the present practices of knowledge management in the U.S. construction industry.

3. RESEARCH SIGNIFICANCE, OBJECTIVES AND SCOPE

The current research has attempted to investigate the knowledge management practices of United States construction firms. The main significance of this research study is to provide information that can be used to benchmark the knowledge management activities in the U.S. Construction Industry. The information has been provided by examining and evaluating how the knowledge assets – perhaps the most important but at the same time the most forgotten value in a construction company – are managed in the U.S. Construction Industry. Hopefully, the outcomes of this study will be translated to cost and time reductions for a construction related organization and an improvement in customer/ client relations in the industry. Collecting the experiences in the construction industry, and relating them to theoretical data will allow, subsequently, developing a knowledge management model for the U.S. construction industry.

In addition to benefiting the U.S. Construction Industry, it is expected that this study will be highly valuable for the global construction industry as well. This is because the study has the potential to not only demonstrate the importance of knowledge management in the construction industry but also to provide knowledge related guidelines: how to produce knowledge, count it, store it, retain it, and manage it in any organization related to construction company with the goal to improve the productivity of the industry by minimizing “knowledge loss”.

The main objective of the research presented in this paper is to study and critically assess the current status of knowledge management practices in the U.S. construction industry. The sub objectives include the identification of knowledge management culture in organizations, assessment of organizational strategies towards knowledge management, evaluation of the extent of application of knowledge management processes in organizations, and identification of areas of improvement for enhanced knowledge management implementation in the industry.

The scope of the research encompasses assessment of practices for key industry players including owners, general contractors, subcontractors, design builders, construction management consultants, program management consultants and architects/ engineers, working in various industrial sectors including residential building, commercial building, heavy engineering and industrial.

4. METHODOLOGY

The primary data for this research was collected via an online questionnaire survey targeted at general contractors and sub contractors throughout the U.S., in various sectors of construction works including residential building construction, commercial building construction and non-building construction. The survey population was selected from a number of sources including: (i) Engineering News Record (ENR) publications [11], (ii) the general contractors list published by the Associated General Contractors (AGC) of America [12]; (iii) a customized list of general contractors and subcontractors prepared from the yellow pages, trade magazines and other published and unpublished sources. In order to encompass a wider range as well as number of construction industry stakeholders for the survey, the questionnaire survey was made available online and email requests were sent to the prospective respondents with a web link to undertake the survey. As evident by the response rate (Table I), the response was highly encouraging.

The questionnaire contained questions grouped into three sections. The description of these sections is as follows; *Section 1*: background information about the respondent and the organization; *Section 2*: knowledge management culture in organizations; and *Section 3*: extent of application of knowledge management processes in organizations.

Few unstructured interviews with the selected respondents were also conducted to clarify their responses and to discuss the survey results. Based on all the gathered information, quantitative analysis was performed and the results are discussed in the following section.

Due to paper length restrictions, only selected questions from the questionnaire are discussed. The complete survey results will be published in a subsequent paper.

5. ANALYSIS AND DISCUSSION

5.1. QUESTIONNAIRE RESPONSE RATE

The questionnaires were mostly completed by top management in the organizations (mainly vice presidents and senior managers) and almost all of them had over 15 years of construction experience. On the basis of their position, education, and work experience, it can be inferred that the respondents have adequate knowledge of the activities associated with construction. The response rate for completed questionnaires is shown in Table I.

TABLE I
BREAKDOWN OF RESPONSES

Total survey requests sent	Requests returned (not received by survey target)	Total number of potential respondents	Total online surveys undertaken	Total valid responses received	Percentage of valid responses
160	8	152	87	63	41.45%

This response rate is very encouraging for a construction industry questionnaire survey. In similar type of surveys, [13] received a response rate of 20%, [14] received 30.4% and [15] received a response rate of 7.75%. [16] reported that statistically reliable conclusion can be obtained from a sample size of 20 or more.

5.2. RESPONDENT ORGANIZATIONS CHARACTERISTICS

Table II summarizes the different categories of projects that the respondents have been affiliated with in the construction industry.

TABLE II
SHARE IN PROJECT CATEGORIES FOR VARIOUS RESPONDENTS

Project Category	Respondent Share (% of respondents)
Residential	22.8
Building	36.8
Heavy	21.3
Engineering	
Industrial	19.1

5.3. KNOWLEDGE MANAGEMENT CULTURE IN ORGANIZATIONS

In this section, responding organizations were asked eight true-false questions in order to assess the overall knowledge management culture in organizations (employee and executive management perception, involvement, commitment and attitude towards knowledge-related processes). The questions and the responses are indicated in Table III.

TABLE III
KNOWLEDGE MANAGEMENT CULTURE IN ORGANIZATIONS

Question	Response (Percentage)		
	True	False	N/A
In your company there is the infrastructure to help employees do a good job.	81%	19%	-
In your company the management processes make you stronger team member.	67%	33%	-
In your company every employee knows what his or her job is and how it contributes to corporate goals.	62%	38%	-
In your company you ensure there is synergy between employee learning programs and corporate goals.	62%	38%	-
Every employee in your company has the opportunity to create a career plan with the company.	62%	38%	-
In your company each employee is treated as a rare asset, and management strives to fit each person into the optimal job.	52%	43%	5%
In your company employees are quickly rewarded for helping the company to achieve its corporate goals.	48%	48%	4%
In your company all of you understand the innovation process and encourage all employees to participate within it.	48%	43%	9%

On the positive side, results indicate that most of the organizations (81%) have developed infrastructure (including knowledge base) to help their employees perform better jobs (81%). This may be attributed to the fact that owing to changes in market conditions and requirements for improved productivity due to increased competition, most organizations have realized the significance of investing in knowledge-based infrastructure so as to provide strategic direction, discipline, and overall management ensuring optimal implementation and cost. This is also evident by the finding that a sizeable proportion of organizations (67%) have felt the need for improvement of knowledge-based management processes in order to achieve improved employee commitment and enhanced team performance. Furthermore, an approximately equal proportion of organizations (62%) have been focusing on employee knowledge awareness which is important from various respects. Firstly, in order to achieve

consistency of work performance as well as improved productivity, every employee should have a clear understanding as to what his or her job is and how it contributes to corporate goals. Secondly, knowledge awareness is significant toward ensuring a positive synergy between employee learning programs and corporate goals, and thirdly, knowledge awareness, on one hand, provides opportunities to employees for creating their career paths with the company and, on the other hand, helps the organization to motivate employees in terms of learning opportunities with the organization.

On the negative side, results indicate that only an average proportion of organizations (52%) treat their employees as assets, which indicates that a considerable proportion of organizations are failing to optimally utilize their best available knowledge asset i.e. their employees. This is also evident from the finding that an approximately equal proportion of organizations (48%) do not have incentive reward mechanisms for employees helping the company achieve its corporate goals. Also, results showed that most organizations (52%) do not encourage their employees to attempt or participate in knowledge innovation, which clearly indicates that knowledge improvement processes need to be improved in many organizations.

5.4. EXTENT OF APPLICATION OF KNOWLEDGE MANAGEMENT PROCESSES

In this section, respondents were asked five questions to assess the extent of application of knowledge management in their business processes. The results are discussed below.

Methods used for Quantification of Knowledge

Survey results show that a two third majority of organizations (67%) do not have any mechanisms to count (quantify) knowledge. Only a few organizations (19%) claim to account for knowledge by means such as people experiences, grades/ salaries and resume, which are rather informal. Formal methods – such as use of knowledge databases - are utilized by only two organizations (5%). The remaining organizations (9%) were unaware of any methods that can be used for quantification of knowledge. It must be emphasized here that quantification of knowledge, although not easy, is an essential first step towards organizational appraisal and hence improvement. This area, as evident from the findings, requires major improvement.

Methods used for Knowledge Collection, Organization and Exchange within Organizations

Table IV indicates the extent of utilization of various formal and informal methods of knowledge collection, organization and exchange by organizations, in descending order of utilization.

Knowledge collection, organization and sharing within an organization are essential towards achieving improved team performance as well as strategic alignment of organizational, project and work-team objectives. Results indicate that these knowledge management processes are mostly achieved by traditional dynamic modes such as regular project meetings, de-briefing toward end of project and compilation of lessons learned.

Advances in technology and the way we access and share information, has changed the meaning of knowledge management. Use of technology is an efficient, easy to implement and extremely useful technique for knowledge collection, organization and exchange. This is true because technology - intranets in general, and groupware in particular – has the capability to provide key solutions for increasingly complex organizational productivity issues. Better accessibility to information is a key, including enhanced methods of access, logging and reuse of documents including electronic correspondence. 48% organizations utilize computer

technology as a means of knowledge collection, organization and exchange. However, considering the benefits of using computer technology as a knowledge management tool, this proportion is far less than acceptable. Also, the extent of utilization of computer technology is limited, as was identified by another survey question as well as interviews. Hence this form of knowledge sharing needs further encouragement for use.

TABLE IV
METHODS USED FOR KNOWLEDGE COLLECTION, ORGANIZATION AND EXCHANGE

Option	Percent of Responses
Regular project meetings, reports and project summaries	57%
De-briefing after end of project; "Post mortem" and compilation for lessons-learned	52%
Computer Technology	48%
Project audits and team member interviews	43%
Code of Practice	38%
Project seminars and workshops	33%
Story telling	24%
Quality circles	24%
Job rotation	19%

Another useful way of utilizing knowledge to improve organizational productivity is by means of project audits and team member interviews because this is one way by which an organization can find out about the capabilities and deficiencies of their employees and hence can use this knowledge for improvement. 43% organizations use this method of knowledge collection, organization and sharing.

Use of quality circles (a formal method) and job rotation (an informal method), although useful, are less utilized methods by organizations. When diagnosed further, it was revealed through respondent interviews that most of them were of the opinion that employee job rotation usually decreases productivity and hence is not a favorable method of knowledge sharing. This is an understandable perspective but also indicates lack of faith of management toward their employees. This is also evident by lack of use of quality circles, which also requires an organizational attitude toward employee empowerment. Other results indicate that almost one third of the organizations focus on project related training (seminars and workshops) for knowledge collection and exchange, while a considerable proportion of organizations (38%) use the code of practice as a means of knowledge exchange, which is a rather static mode and does not incorporate organizational learning into knowledge management.

Above results indicate that knowledge collection, organization and exchange, although practiced in some form or the other by most organizations, is still practiced by traditional methods, which have their limitations. Use of technology to increase the efficiency as well as effectiveness of knowledge management is an important aspect that needs improvement. Moreover, improving the trust between management and employees, which also comes from knowledge sharing, is also needed for improved exchange of knowledge.

Technology Systems in use for Knowledge Management

The purpose of this question was to assess the extent of usage of advanced technology as a means of knowledge management. The results are indicated in Table V.

TABLE V
TECHNOLOGY SYSTEMS IN USE FOR KNOWLEDGE MANAGEMENT

Option	Percent of Responses
Networking and verbal sharing	62%
Databases (“Know-how” bases)	29%
Decision support systems	25%
Knowledge-based systems	12%
Intelligent infrastructures	8%
Data warehouses	5%

According to the findings, the most common approach to knowledge management utilized by majority of the organizations was networking and verbal sharing (62%). (Note that previous response indicated that almost 48% organizations utilize computer networking for knowledge management purposes). Such approaches are relatively easy to implement for organizational political reasons, because the technologies and techniques — although sometimes advanced in particular areas — are familiar and easily understood. There is a modicum of good sense here, because enhanced access to organization intellectual assets is vital. But it’s not clear whether access itself will have a substantial impact on business performance, especially as mountains of new information are placed online. Unless the knowledge management approach incorporates methods of leveraging cumulative experience, the net result may not be positive, and the impact of implementation may be no more measurable than in traditional paper models.

Other technology systems such as knowledge databases, decision support systems, knowledge-based systems and data warehouses are rather uncommon. This is particularly true because these knowledge management systems not only require expert input in setting them up as per organizational requirements but also require continuous employee and management involvement in running, utilizing and maintaining these systems. However, it should be emphasized here that these systems provide excellent mechanisms for knowledge management and hence should be further explored for possible use in an organization.

Strategies used to Guard Knowledge in Organizations

Table VI shows the strategies that are used by organizations to guard knowledge. Results indicate that most organizations either do not have formal strategies to guard knowledge or only rely on some form of confidentiality statements to achieve the purpose. Firewalls are utilized by few of those organizations which employ technology as a means of knowledge management. It is interesting to note that there is a small proportion of organizations which do not subscribe to the concept of knowledge sharing in order to guard knowledge. This is a very negative approach and again indicates the lack of trust of management toward their employees, which is a major bottleneck toward employee and organizational improvement.

TABLE VI
STRATEGIES USED TO GUARD KNOWLEDGE IN ORGANIZATIONS

Option	Percent of Responses
Not formally implemented	38%
Firewalls	33%
Standard practice of “no disclosures to guests/ clients”	25%
Confidentiality agreements	22%
Waiver forms signed upon employee hiring	20%
Do not subscribe to concept of knowledge sharing	16%
Review and sign off business conduct code periodically	12%

Physical mechanisms used to Store Knowledge

Knowledge capture tools are used to record the activities and knowledge of employees in order to facilitate the transfer of this knowledge to other employees. Table VII indicates the physical mechanisms used by organizations to capture knowledge.

A holistic view considers knowledge to be present in ideas, judgments, talents, root causes, relationships, perspectives and concepts. Knowledge is stored in the individual brain or encoded in organizational processes, products, services, facilities and systems. The physical mechanism for storing knowledge is through documentation (either in form of a document management system or otherwise), groupware (e.g. Primavera Project Management, Microsoft Project Professional, Primavera Expedition, Lotus Notes, Microsoft Works, etc.) or knowledge-based systems.

TABLE VII
PHYSICAL MECHANISMS USED TO STORE KNOWLEDGE

Option	Percent of Responses
Documents	71%
Documents in a document management system	43%
Groupware (e.g. Lotus Notes, Expedition, etc.)	52%
Knowledge-based systems	12%

Survey results indicate that 71% organizations keep record of knowledge through documentation (43% use document management systems). Keeping in view the significance of documentation for a construction company from various respects, it is rather alarming to note that almost 30% organizations do not keep record of documents. Furthermore, interviews with respondents indicated that most companies, although employ a practice of keeping record of documents, the extent of documentation is rather limited and is usually derived by the submittal requirements and not by organizational or project management systems.

Further findings indicate that the use of groupware is a common practice in almost half of the organizations. However, another survey finding (details not mentioned here) indicates that the extent of usage of groupware is rather limited i.e. most organizations only use Microsoft Office, Microsoft Works or Lotus Notes and nothing further. Use of knowledge-based systems, as was also observed in a previous response, is extremely limited.

6. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

This paper investigated the knowledge management activities in major United States engineering design and construction organizations. The study found that although knowledge management is gaining ground in the United States Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector, it still has some way to go. Organizations still need to adopt the concept and explore its applications. This is important because effective management of knowledge ensures that the basic objectives for existence are attained to the greatest extent possible.

Knowledge management in organizations must be considered from different perspectives and one of the important perspectives is the optimal utilization of their best available knowledge asset i.e. their employees and to invest in knowledge generation, innovation and exploitation. It is encouraging to find that most organizations are willing to invest on their knowledge management structures in order to be able to exploit knowledge as a means to their strategic business development. Hence there is a strong need for a knowledge management focus in most organizations as part of their organizational strategy.

An improvement in adoption of knowledge management as an integrated management tool to improve organizational and industry performance is imperative.

Also, it must be emphasized that quantification of knowledge, although not easy, is an essential first step towards organizational appraisal and hence improvement. This area, as evident from the findings, requires major improvement.

Knowledge collection, organization and exchange, although practiced in some form or the other by most organizations, is still practiced by traditional methods, which have their limitations. Use of technology to increase the efficiency as well as effectiveness of knowledge management is an important aspect that needs improvement. Moreover, improving the trust between management and employees and empowering employees, both of which also comes from knowledge sharing, are also needed for improved knowledge management.

Although most organizations realize that use of technology is an efficient, easy to implement and extremely useful technique for knowledge management, extent of utilization of computer technology is rather limited. Moreover, such approaches are relatively easy to implement for organizational political reasons, because the technologies and techniques — although sometimes advanced in particular areas — are familiar and easily understood. However, unless the knowledge management approach incorporates methods of leveraging cumulative experience, the net result may not be positive, and the impact of implementation may be no more measurable than in traditional paper models. Hence effective utilization of technology is an essential need for improved knowledge management. Also, other than the use of computer tools and networking, use of databases and knowledge-based technology systems such as decision support systems, knowledge-based systems and data warehouses need to be improved.

Acceptance of knowledge as a valuable and patent asset needs to be infiltrated. This need is evident from the practice that most organizations do not have formal strategies to guard knowledge.

Keeping in view the significance of documentation for a construction company from various respects and the finding that most organizations either do not keep record of documents or do

only externally mandated documentation, it is imperative that documentation practices be substantially improved.

Knowledge generation in organizations is mostly in the form of a by-product of on-the-job experience of employees, expert input, and education and training. Generation of new knowledge via analysis is not frequently adopted as a means of knowledge generation by most organizations and is a practice that needs to be encouraged.

REFERENCES

- [1] O'Dell, C., Elliot, S., and Hubert, C. (2000). "Knowledge management: A guide for your journey to best-practice processes", APQC, Houston.
- [2] Webb, S. P. (1998). "Knowledge management: Linchpin of change, Association for Information Management", London.
- [3] KPMG Management Consulting. (1998). "Knowledge Management Research Report", KPMG, London.
- [4] Scarborough, H., Swan, J., and Preston, J. (1999). "Issues in people management: Knowledge management: A literature review", Institute of Personnel and Development, Cromwell, Wiltshire, U.K.
- [5] Davenport, T., and Prusak, L. (2000). "Working knowledge: How organizations manage what they know", Harvard Business School, McGraw-Hill, New York.
- [6] Beijerse, R. P. (1999). "Questions in knowledge management: Defining and conceptualizing a phenomenon." *J. Knowl. Manage.*, 3(2), 94–109.
- [7] Harman, C., and Brelade, S. (2000). "Knowledge management and the role of HR: Securing competitive advantage in the knowledge economy", Financial Times/Prentice-Hall, Harlow, U.K.
- [8] Dent, R., and Montague, K. (2004). "Benchmarking knowledge management practices in construction", CIRIA, London.
- [9] Carrillo, P. and Chinowsky, P. (2006). "Exploiting Knowledge Management: The Engineering and Construction Perspective", *J. Mgmt. in Engrg.*, Volume 22, Issue 1, pp. 2-10
- [10] Orange, G., Burke, A., and Boam, J. (2000). "The facilitation of cross organisational learning and knowledge management to foster partnering within the UK construction industry." *Proc., 8th European Conf. on Information Systems*, Vienna, Austria (<http://is.lse.ac.uk/b-hive>).
- [11] Kamara, J. M., Anumba, C. J., Carrillo, P. M., and Bouchlaghem, N. (2003). "Conceptual framework for live capture and reuse of project knowledge." *Proc., CIB W78 Int. Conf. on Information Technology for Construction*; Waiheke Island, New Zealand, 178–185.
- [12] ENR – Engineering News Record (2005-2007). Various Publications. <http://enr.construction.com>
- [13] AGC - Associated General Contractors. (2006). "US Contractor's Directory", AGC, 333 John Carlyle Street, Suite 200, Alexandria, Va-22314.
- [14] Farooqui, R.U., Ahmed, S.M., and Azhar, S. (2007). "Safety Management Practices in the Florida Construction Industry" Associated Schools of construction (ASC) 43rd International Conference, Flagstaff, Arizona, USA, April 11-14, 2007.
- [15] Ahmed, S. M., and Azhar, S. (2004). "Risk Management in the Florida Construction Industry". *Proceedings of the 2nd Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Miami, Florida, June 2-4.
- [16] Wang, S.Q., Dulaimi, M.F., and Aguria, M.Y. (2004). "Risk Management Framework for Construction Projects in Developing Countries." *Construction Management & Economics*, Volume 22, pp. 237-252.
- [17] Baker, S. W. (1997). "Risk Management in Major Projects". Ph.D. Thesis, University of Edinburgh, UK.