

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ANA LUIZA PADILHA CHRISTOFIS

**MODELO NEURAL PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE
EMPRESAS BRASILEIRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2015

ANA LUIZA PADILHA CHRISTOFIS

**MODELO NEURAL PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE
EMPRESAS BRASILEIRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Iarozinski Neto

CURITIBA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Especialização em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

MODELO NEURAL PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE EMPRESAS BRASILEIRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

por

ANA LUIZA PADILHA CHRISTOFIS

Monografia aprovada, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores abaixo assinados:

Dr. Alfredo Iarozinski Neto
Prof. Orientador

Dr.^a Clarice Farian de Lemos
Membro titular

Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família e amigos, pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida, e peço, desde já, desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Alfredo Iarozinski Neto, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

CHRISTOFIS, Ana Luiza Padilha. **Modelo Neural para Avaliação da Eficiência de Empresas Brasileiras da Construção Civil**. 2015. 22p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

A alta competitividade no ramo da construção civil motiva as empresas ao desenvolvimento constante em busca de sucesso nas suas atividades. O sucesso de uma companhia pode ser visto como função da sua organização interna, da relação com seus *stakeholders* e do ambiente externo no qual ela se situa. Quantificar quanto cada um dos fatores impacta no resultado da empresa não é trivial. Estudos relatam o bom desempenho de redes neurais artificiais na modelagem da eficiência de companhias da construção civil. Assim, este trabalho propõe a aplicação desta técnica na análise de dados referentes a empresas brasileiras, mais especificamente da região de Curitiba, estado do Paraná. O modelo resultante permite a investigação da importância de cada variável, evidenciando os aspectos relevantes para o bom desempenho das empresas. Com o modelo cada companhia poderá analisar quais investimentos, financeiros ou de recursos humanos, trarão o retorno final esperado. Trata-se, portanto, de uma ferramenta adicional para a tomada de decisões por gestores das empresas da construção civil.

Palavras-chave: Redes Neurais, Eficiência, Construção Civil.

ABSTRACT

CHRISTOFIS, Ana Luiza Padilha. **Neural Model for Evaluating the Efficiency of Brazilian Companies Construction**. 2015. 22p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Federal Technology University - Parana. Curitiba, 2015.

The high competitiveness in the construction industry motivates companies to constant development in pursuit of success in their activities. The success of a company can be seen as a function of its internal organization, the relationship with its stakeholders and the external environment in which it is located. Quantify how much each of the factors impacting the company's results is not trivial. Studies have reported good performance of artificial neural networks in modeling of construction companies efficiency. This work proposes the application of this technique in data analysis related to Brazilian companies, specifically the region of Curitiba, state of Paraná. The resulting model allows the investigation of the importance of each variable, showing the relevant aspects for the good performance of companies. With the model each company can analyze which investments, financial or human resources, will bring the final expected return. It is therefore an additional tool for decision-making by managers of companies in the construction industry.

Keywords: Neural Networks, Efficiency, Construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Comparação entre os valores reais das médias das variáveis dependentes (<i>Target</i>) e dos valores obtidos a partir do modelo neural (<i>Output</i>)	19
Quadro 1 – Lista de variáveis independentes consideradas na modelagem	16
Quadro 2 – Lista de variáveis dependentes consideradas na modelagem	17
Tabela 1 – Dados da rede neural artificial	18
Tabela 2 – Coeficientes de correlação e erros referentes às etapas de treinamento, teste e validação do modelo	19
Tabela 3 – Resultados da análise sensitiva para cada uma das variáveis independentes	20

LISTA DE SIGLAS

ANS *Automated Network Search*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
4 CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade no ramo da construção civil trouxe a necessidade das empresas se preocuparem com a qualidade e a eficiência das operações. Devido à forma de organização das empresas desta área, focada principalmente em projetos, a definição de indicadores que representem adequadamente a qualidade e a eficiência é complexa. Além de parâmetros financeiros, sempre valorizados, a literatura destaca a importância de se considerar aspectos referentes à dinâmica de funcionamento da empresa e a relação com seus *stakeholders* (DIKMEN *et al.*, 2005; MAIA; IAROSINSKI NETO, 2015). O fato de estes aspectos serem em grande parte qualitativos e correlacionados dificulta o desenvolvimento de um modelo que represente a eficiência do processo.

A análise bibliométrica realizada por Maia e Iarozinski Neto (2015) revelou uma frequência de crescimento do número de publicação na última década sobre a estrutura e as características organizacionais de empresas que atuam no ramo da construção civil. Em relação aos países de origem das publicações, o Brasil aparece na 27ª posição, com menos de 20 publicações sobre o tema, sendo que a Inglaterra, que ocupa a 1ª posição, conta com 240 publicações. A estrutura e as características organizacionais são vistas como fatores que impactam o desempenho das empresas e devem, portanto, ser valorizadas. Na literatura observa-se um esforço para se definir quais são os fatores realmente influentes para o sucesso de uma companhia.

Com este intuito, Isik *et al.* (2010) realizaram um *survey* com 73 construtoras da Turquia para verificar a influência de quatro aspectos assumidos como chaves na atuação de construtoras: “competência de gerenciamento de projeto”, “força de relacionamentos”, “recursos e capacidades” e “decisões estratégicas”. A partir da modelagem de equações estruturais (do inglês, *structural equation modeling*), revelou-se a influência direta e altamente significativa dos aspectos “recursos e capacidades” e “decisões estratégicas”.

Wethyaviron *et al.* (2009) levantaram informações de construtoras da Tailândia. Uma análise de fatores exploratória (do inglês, *exploratory factor analysis*) permitiu a identificação de 14 pontos estratégicos para as companhias. Estes pontos foram ordenados de acordo com a média dos valores a eles atribuídos, o que permitiu a visualização dos aspectos que recebem mais atenção das empresas da Tailândia. O estudo revelou que a maior preocupação das empresas é com a

reputação da companhia e que aspectos como gerenciamento estratégico, tecnologia da informação e gerenciamento de recursos humanos não eram prioridades, o que foi considerado decorrência de aspectos culturais e do fato da maioria das empresas serem de gestão familiar.

Cheung *et al.* (2011) voltaram seus estudos para a cultura organizacional de construtoras de Hong Kong. Como a cultura organizacional direciona o comportamento dos membros da empresa, defende-se que ela pode influenciar positivamente no desempenho da companhia. Questionários abordando aspectos considerados relevantes para a cultura organizacional foram aplicados aos profissionais do setor utilizando escala *Likert*. Posteriormente, os aspectos foram agrupados em sete fatores por meio da análise de componentes principais (do inglês, principal *component factor analysis*). Os dois fatores com maior média foram o “estabelecimento e realização de metas” e a “orientação da equipe”, destacando a importância do foco no resultado e do trabalho em equipe em empresas da construção civil.

Dikmen *et al.* (2005) sugeriram um novo conjunto de fatores que influenciam a eficiência de empresas no ramo da construção civil. Os fatores foram divididos em três grupos: “organização e seus subsistemas”, “ambiente do negócio” e “macroambiente”. Após identificação de fatores chaves para o processo via pesquisa bibliográfica e entrevista com especialistas, realizou-se um *survey* com 116 empresas da Turquia. O questionário elaborado continha questões ordinais, categóricas e escala *Likert* sobre os fatores chave e uma avaliação via escala *Likert* da efetividade da organização. Dikmen *et al.* (2005) modelaram os dados utilizando redes neurais e regressão múltipla e associaram o melhor desempenho do modelo neural a capacidade da técnica de considerar não linearidades e dados com ruídos. A influência de cada uma das variáveis de entrada consideradas na modelagem (22) foi verificada pela observação da resposta da rede ao aumento de 5% do valor da entrada. Assim, concluiu-se que os aspectos mais relevantes no caso das construtoras turcas são “habilidade de se beneficiar de oportunidades do mercado”, “frequência de joint *venturing*” e “experiência”.

Zayed *et al.* (2012) também utilizaram redes neurais e regressão para modelar o desempenho de organizações da construção civil. Os dados utilizados na modelagem foram coletados via *survey* de construtoras de diferentes países (Canadá, Egito e outros). No questionário, além de classificar via escala *Likert* os

itens referentes aos denominados fatores críticos de sucesso, os profissionais deveriam atribuir uma porcentagem que considerassem representativa do sucesso da organização. Além da modelagem, o estudo englobou uma análise sensível avaliando a resposta dos modelos à alteração dos valores das entradas. Desta forma identificou-se de quais variáveis o desempenho da companhia depende direta e inversamente. Concluiu-se que no caso das empresas avaliadas o principal fator de sucesso é “visão, missão e metas claras” e que o modelo neural tem resultado superior ao modelo de regressão. Zayed *et al.* (2012) destacam que o modelo permite a previsão do desempenho das empresas auxiliando na identificação de pontos fracos da companhia e contribuindo para o aumento da eficiência e, conseqüentemente, do lucro.

Como apresentado, a literatura relata o bom desempenho de redes neurais artificiais na modelagem da eficiência de empresas que atuam no ramo da construção civil. Ainda, nota-se a distinção em relação aos fatores que mais influenciam as companhias em função do local onde a empresa se situa. Esta variação é normalmente associada a aspectos culturais que influenciam a atuação dos profissionais e até mesmo as prioridades da empresa. Assim, o desenvolvimento de um modelo com base em dados de construtoras brasileiras pode revelar os fatores de sucesso para empresas atuantes no mercado nacional. O objetivo deste trabalho é, portanto, desenvolver um modelo neural com dados de empresas brasileiras, mais especificamente da região de Curitiba, no estado do Paraná.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados para a modelagem foram coletados por meio de *survey* realizado por Maia (2014). Após a definição dos fatores com potencial de influência na eficiência das empresas com base na literatura, um questionário foi elaborado e enviado a 125 empresas da região de Curitiba, Paraná. O questionário continha 91 itens a serem avaliados por meio de escala *Likert* de 1 a 7.

Os itens foram classificados em quatro categorias: variáveis independentes, que podem ser vistas como escolhas da empresa; variáveis dependentes, resultados decorrentes da organização da empresa; variáveis externas, relacionadas com o mercado no qual a empresa atua; e dados de efetividade dos processos.

As variáveis independentes foram consideradas entradas do modelo e a média das variáveis dependentes foi considerada como saída. A consideração do valor médio das variáveis que são decorrentes das escolhas da companhia como eficiência visa reduzir a subjetividade do dado, obtido nos trabalhos de Dikmen *et al.* (2005) e Zayed *et al.* (2012) pela atribuição direta por membros da empresa de um valor para a eficiência da companhia. Os Quadros 1 e 2 contêm as listas das variáveis consideradas no modelo.

Variáveis independentes
Nível de centralização da estrutura organizacional
Nível de formalização dos cargos e funções.
Nível de formalização das atividades e processos.
Nível de departamentalização.
Estilo de gestão da empresa.
Nível de controle exercido sobre as atividades e funcionários.
Nível de Integração entre os processos.
Grau de autonomia dos funcionários.
Média de horas de treinamento/ano.
Nível de formação dos funcionários.
Nível de polivalência dos funcionários.
Diferenciação de seus empreendimentos, produtos e serviços em relação aos seus concorrentes.
Avaliação das habilidades necessárias dos funcionários para execução de tarefas.
Uso de tecnologias diferenciadas
Posição da empresa em relação a redução de custos nas atividades ou processos.
Preocupação em relação à prevenção de problemas
Preocupação da empresa em relação a adoção de melhorias.
Nível de investimento em tecnologias e equipamentos nos últimos 3 anos.

Quadro 1 – Lista de variáveis independentes consideradas na modelagem

Fonte: Autoria própria.

Variáveis dependentes

Nível de cooperação entre os funcionários.
 Nível de interação entre os funcionários (troca de informações).
 As relações entre funcionários formais/informais
 Nível de conhecimento dos funcionários em relação as estratégias de gestão adotadas pela empresa.
 Alinhamento das características dos empreendimentos, produtos e serviços em relação a estratégia.
 Quadro de funcionários nos últimos 3 anos.
 Taxa de crescimento da empresa nos últimos três anos.
 Capacidade da empresa em se adaptar as mudanças do seu mercado.
 Protagonismo em relação a seguir as tendências de mercado ou antecipar-se as mudanças.
 Tempo de resposta da empresa as demandas de mercado.

Quadro 2 – Lista de variáveis dependentes consideradas na modelagem
Fonte: Autoria própria.

O modelo foi desenvolvido no *software Statistica* utilizando a ferramenta *Automated Network Search* (ANS). Esta ferramenta gera diversas redes neurais e seleciona a com melhor desempenho. Assim, redes com diferentes arquiteturas, funções de ativação e métodos de treinamento puderam ser avaliadas. Para a etapa de treinamento apenas 70% dos dados foram utilizados, os dados restantes foram divididos igualmente em dados de teste e de validação.

Realizou-se, ainda, uma análise sensitiva das variáveis de entrada. Esta análise retorna para cada entrada o valor da razão do erro obtido quando a entrada em questão é omitida com o erro obtido quando todas as entradas são consideradas. Desta forma, pôde-se verificar qual a influência de cada uma das entradas no modelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A rede neural que apresentou melhor desempenho foi uma rede *perceptron* de múltiplas camadas. Esta rede é constituída de uma camada de entrada, uma camada oculta e uma camada de saída. A camada de entrada é composta pelas variáveis independentes, citadas no Quadro 1. A camada oculta contém neurônios que matematicamente correspondem a aplicação de uma função de ativação no somatório das entradas ponderadas pelos seus pesos e do *bias*. A camada de saída contém um neurônio que age de forma similar aos neurônios da camada oculta, considerando as saídas da camada oculta como entradas. A saída da rede é o valor da eficiência da companhia, considerado aqui como sendo o valor médio das variáveis dependentes, apresentadas no Quadro 2.

A quantidade de neurônios da camada oculta influencia no ajuste da rede, sendo, portanto, um dos parâmetros da arquitetura da rede que variam ao longo da análise utilizando a ferramenta *Automated Network Search* (ANS). A quantidade ótima encontrada foi de 12 neurônios, valor que pode ser considerado aceitável devido ao número de entradas (18) e que coincide com a quantidade ótima encontrada por Dikmen *et al.* (2005). Em geral, o aumento do número de neurônios na camada oculta facilita o treinamento da rede, porém pode levar ao sobre ajuste do modelo. Aumentar a quantidade de neurônios significa aumentar a quantidade de parâmetros ajustáveis do modelo. A consideração de parâmetro em excesso inviabilizaria a generalização do modelo e o bom desempenho nas etapas de teste e validação. As funções de ativação da rede que apresentou melhor desempenho foram as funções sigmoidais logística e tangente hiperbólica, frequentemente utilizadas em modelos neurais. O resumo das características da rede selecionada pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados da rede neural artificial

Rede	Neurônios na camada oculta	Função de ativação	
		Camada oculta	Camada de saída
MLP	12	Logística	Tangente Hiperbólica

Fonte: Autoria própria.

O desempenho da rede em todas as etapas pôde ser verificado pelo coeficiente de correlação (r) e pelo erro, apresentados na Tabela 2. O Gráfico 1 apresenta a eficiência calculada pela rede versus a esperada, permitindo uma análise visual da qualidade dos resultados.

Tabela 2 – Coeficientes de correlação e erros referentes às etapas de treinamento, teste e validação do modelo

	Treinamento	Teste	Validação
Coef. de correlação (r)	0.94	0.89	0.74
Erro	0.0035	0.0069	0.0166

Fonte: Autoria própria.

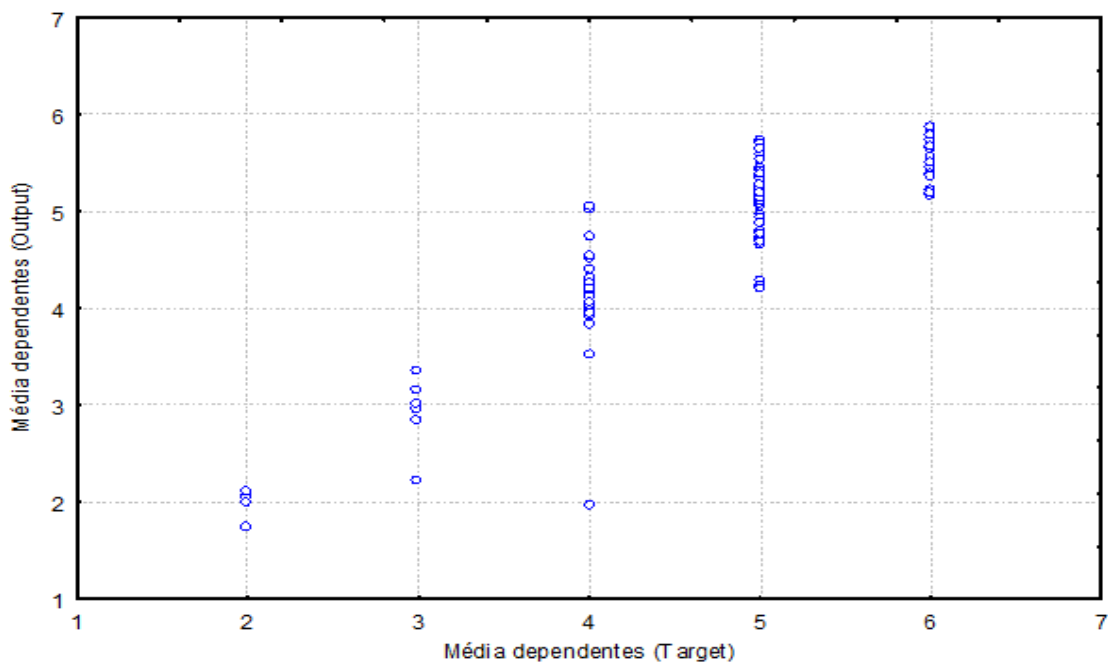


Gráfico 1 – Comparação entre os valores reais das médias das variáveis dependentes (*Target*) e dos valores obtidos a partir do modelo neural (*Output*)

Fonte: Autoria própria.

A análise sensitiva revelou que todas as entradas contribuem para o melhor desempenho do modelo, ou seja, em nenhum caso o erro do modelo ao omitir uma variável foi inferior ao erro do modelo completo.

De acordo com a análise sensitiva, apresentada na Tabela 3, as variáveis independentes que contribuem de forma mais significativa para o modelo são o “Estilo de Gestão”, seguido pelo “Nível de formação dos funcionários”. O “Estilo de

Gestão” adotado pela empresa é uma decisão estratégica, função dos objetivos da companhia e do mercado em que ela se situa. Já o “Nível de formação dos funcionários” é um indicativo da competência dos recursos humanos da companhia e da capacidade de cumprimento de tarefas e resolução de problemas. Assim, este resultado condiz com o estudo de Isik *et al.* (2010) citado anteriormente, que evidenciou a influência dos aspectos “recursos e capacidades” e “decisões estratégicas”.

Tabela 3 – Resultados da análise sensitiva para cada uma das variáveis independentes

Variável Independente	Razão erros
Estilo de gestão	2.3274
Nível de formação dos funcionários	2.0259
Posição em relação à redução de custos	1.6259
Nível de formalização das atividades e processos	1.6055
Preocupação com a diferenciação dos empreendimentos	1.5850
Nível de polivalência dos funcionários	1.5055
Nível de integração dos processos	1.4999
Preocupação com a prevenção de problemas	1.2912
Nível de descentralização	1.2559
Uso de tecnologias diferenciadas	1.2549
Avaliação das habilidades necessárias as atividades	1.1934
Preocupação com a adoção de melhorias	1.1884
Quantidade de horas de treinamento	1.1747
Nível de departamentalização	1.1418
Nível de formalização Cargos e funções	1.1250
Nível de investimentos em tecnologias e equipamentos	1.0728
Grau de autonomia dos funcionários	1.0674
Nível de controle sob os funcionários	1.0039

Fonte: Autoria própria.

4 CONCLUSÃO

A preocupação de empresas que atuam no ramo da construção civil com seu desempenho motiva pesquisas sobre o tema. Neste trabalho, um modelo neural para relacionar fatores considerados influentes com a eficiência da empresa foi desenvolvido. Os dados utilizados foram de empresas brasileiras, da região de Curitiba, no estado do Paraná, permitindo conclusões que dizem respeito ao cenário nacional. Uma análise sensível das variáveis de entrada levou à conclusão de que os fatores mais influentes são o “Estilo de Gestão” e o “Nível de formação dos funcionários”, revelando a importância da estratégia adotada e dos recursos humanos para o sucesso da empresa.

REFERÊNCIAS

CHEUNG, Sai On; WONG, Peter. S. P.; WU, A. da W.Y. Towards an organizational culture framework in construction. **International Journal of Project Management**, v. 29, p. 33–44, 2011.

DIKMEN, Irem; BIRGONUL, M. Talat; KIZILTAS Semiha. Prediction of Organizational Effectiveness in Construction Companies. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131p. 252-261, 2005.

ISIK, Zeynep; ARDITI, David; DIKMEN, Irem; BIRGONUL, M. Talat. Impact of Resources and Strategies on Construction Company Performance. **Journal of Management in Engineering**. v. 26, p. 9-18, 2010.

MAIA, Alessandra Tourinho. **Análise setorial das características organizacionais e do nível de efetividade dos processos gerenciais de empresas de construção civil**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MAIA, Alessandra Tourinho; IAROZINSKI NETO, Alfredo. Análise Bibliométrica sobre a Organização. **Revista Engenharia e Construção Civil**, v. 2, n. 1, p. 38-55, jan./jun., 2015.

WETHYAVIVORN, Piyanut; CHAROENNGAM, Chotchai; TEERAJETGUL, Wasan. Strategic Assets Driving Organizational Capabilities of Thai Construction Firms. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 135, p. 1222-1231, 2009.

ZAYED, Tarek; ELWAKIL, Emad; AMMAR, Mohammad. A Framework for Performance Assessment of Organizations in the Construction Industry. **International Journal of Architecture, Engineering and Construction**, v. 1, n. 4, p. 199-212, 2012.