



São Paulo - Brazil - May - 22nd to 24th - 2013

Acc4emic INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

O Avanço da Produção Sustentável de Habitações Populares

BOTELHO, W. C. a*, VENDRAMETTO, O. a, MOLLO, M. a

a. Universidade Paulista, São Paulo

*Corresponding author, wagner.costa.botelho@gmail.com

Resumo

Este trabalho ocupou-se em apresentar os princípios e as exigências relativas às construções de habitações populares sobre a qualidade, a tecnologia e a sustentabilidade. O estudo foi norteado para a cadeia produtiva da construção civil e seus elos. Estudou-se a interferência de processos produtivos e inovados tecnologicamente, com de parâmetros sustentáveis, mostrou-se a necessidade do estabelecimento de uma ferramenta que garantisse um padrão comparativo entre estas habitações quanto a qualidade e sustentabilidade. Os dados obtidos pela pesquisa foram tratados com o uso do Método *Fuzzy*. O objetivo da pesquisa foi alcançado pela investigação e obteve-se um processo para garantir uma padronização comparativa, quanto à qualidade, a tecnologia e a sustentabilidade. O estudo foi desenvolvido para construção de habitações populares.

Palavras-chave: *Produção, meio ambiente; sustentabilidade; habitação popular; construção civil.*

1. Introdução

O setor da construção civil, conservador por natureza, movido por incentivos públicos, financiamentos facilitados e pelo bom desempenho da economia, com o crescimento de renda, viu-se pressionado a mudar seus procedimentos e modernizar-se. O mercado crescente aumentou o número de concorrentes, contando inclusive com a participação de estrangeiros. Na medida em que esse negócio tornou-se mais concorrido, valores até então negligenciados, como qualidade, prazos, uso de tecnologias, garantias, respeito ao meio ambiente e ao trabalhador passaram a ser relevantes como vantagens competitivas. O cliente, por sua vez, passou a dispor de opções de produtos e serviços sustentáveis, que em quantidade e variedade possibilita comparações, aumentando o grau de exigências sobre as empresas e seus respectivos empreendimentos.

A verticalização, em que as partes dos edifícios eram feitas no canteiro de obras, demandava materiais básicos operados e estocados, passaram a ser fornecidos por empresas que produzem fora e os instalam diretamente na obra. Isso promoveu a chamada Indústria da Contração Civil, que assemelhadas à indústria automobilística, produzem as peças e componentes, montam os conjuntos e os alojam na construção. Essa nova maneira de construir edificações trouxe de arrasto alterações significativas na exigência de qualificação da mão de obra, do uso de tecnologias, de menores índices de tolerância de precisão para que a montagem da obra seja realizada.

A gestão da construção mudou seus ingredientes. Não se trata de apenas gerenciar pessoas, mas também empresas fornecedoras de materiais e equipamentos tecnológicos, instaladores e

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22nd to 24th - 2013

supervisores, entre muitos. A par de todas essas mudanças, surgem outras, que se incorporam à cultura das pessoas e outras consagradas por lei. A proteção ao meio ambiente, ao trabalhador e a população de maneira geral, quanto à segurança, saúde, poluição, desperdício de água, ocupação de espaços, entre outras.

O sucesso dessa nova construção tem forte dependência da relação entre seus atores (WOOD, 2012). Este trabalho tem por objetivo estabelecer para as construções de habitações populares, à qualidade, a tecnologia e a sustentabilidade, uma ferramenta de comparação entre diversas habitações populares. Decidiu-se pelo uso do Método *Fuzzy* para garantir a determinação de um rigoroso padrão comparativo.

Na primeira parte do artigo, apresenta-se a introdução e a bibliografia que fundamenta este estudo. Na segunda descrevem-se os materiais e métodos utilizados, e na terceira a discussão dos resultados obtidos. E, finalmente, na última, as conclusões baseadas nos resultados da pesquisa.

1.1 A rede produtiva da construção civil

A rede produtiva da construção civil compõe-se do projeto, do processo, dos materiais utilizados, da tecnologia, da comercialização e financiamento, em fim a todos os insumos que abrangem desde os estudos para lançamento de uma obra até a sua entrega ao cliente final. Pereira (2009) considera a rede produtiva da construção civil como sendo um conjunto de etapas consecutivas pelos quais passam e vão sendo transformados e transferidos os diversos insumos. Esta definição abrangente permite incorporar diversas formas de redes.

Esta indústria, segundo Lazzarini (2008), está organizada em redes ou elos, constituída de indivíduos ou empresas interligadas por meio de relações diversas, composta por nós e laços que interligam os nós. Estes nós também chamados de atores, enquanto que os laços representam o relacionamento entre eles.

No retrato dessa rede estão desde as matérias primas, passando pela manufatura, serviços, transformações no processo produtivo e inovações tecnológicas, partes realizadas em fábricas e transferidas para serem montadas na construção.

A rede comporta também posturas sociais e públicas relativas ao meio ambiente e de respeito ao trabalhador que desencadearam exigências e alterações com profundas mudanças no setor. Além destes muitos consumidores necessitam dos agentes financeiros para a aquisição do imóvel, assim como a comercialização deste. Essa rede é composta de inúmeras subredes. Uma subrede produtiva específica como a dos blocos de concreto que, segundo Dias (2007) pertencem à rede produtiva do calcário, já o cimento um produto mais elaborado, está presente neste tipo de bloco.

A rede produtiva da construção civil está envolvida por elos diversos, que segundo Toledo (2009), os principais são: construtoras incorporadoras e prestadoras de serviços auxiliares, que realizam obras e edificações; produção de materiais; comércio varejista e atacadista; extração e beneficiamento de insumos e atividades de prestação de serviços, como técnico-profissionais, financeiros e seguros.

Segundo Silva (2001), muitos elos desta rede não conhecem seus próprios níveis de produtividade e, por consequência, os preços não são associados a essa produtividade, deixando de reverter o avanço tecnológico e organizacional em benefício para todos. Dificuldades para este setor são notórias como a falta de integração e as adversidades em compatibilizar os interesses individuais de cada setor da indústria, têm impedido que essa rede seja vista como rede de valor, com foco num cliente comum a todos, que tem verdadeiramente o poder de definir o nível de atividade da indústria e suas possibilidades de crescimento e desenvolvimento.

No entanto, para assegurar competitividade, as empresas da rede produtiva precisam passar a enxergar o valor que cada elo agrega, baseando-se em eficiência, produtividade, sustentabilidade, conhecimento tecnológico, verdadeira garantia da qualidade ao cliente, e não mais em quantidade de produto. Logo, os principais elementos de uma rede produtiva são: empresa, fornecedores, distribuidores, clientes e consumidores finais. Essa é uma tarefa árdua para todos os agentes da rede

da construção civil, ou seja, compatibilizar os interesses individuais de cada setor da indústria (COVELO, 2011).

1.2 Mão de obra

A falta de especialistas na rede da construção civil tem dificultado a produtividade desde as áreas de Engenharia e Arquitetura até efetivamente à obra. O governo e os empresários do setor da construção sinalizam os desafios a serem enfrentados pelo segmento: precária capacidade de gestão dos investimentos, gestão empresarial deficiente nos canteiros de obras, falta de qualificação profissional dos trabalhadores e a regulamentação ambiental (DIEESE, 2012).

A Indústria da Construção Civil é responsável por grande parte dos empregos diretos, quando se compara com outras atividades industriais. O interessante é observar que o grande número de trabalhadores prefere a informalidade. Esse fato está ligado à dificuldade do setor em recolocar de imediato a mão de obra qualificada (CBIC, 2011).

Esta escassez deve-se a descontinuidade das obras, falta de crédito habitacional e de financiamentos para a moradia de baixa renda, que direcionou as famílias optar pela autoconstrução, aumentando a informalidade.

1.3 A inovação tecnológica e seus efeitos ambientais na sustentabilidade da rede

A Indústria da Construção Civil como grande consumidora de recursos naturais, e geradora de resíduos, acarreta significativos impactos sobre o meio ambiente. Por isso tem responsabilidade na conscientização da minimização do volume dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), por meio da introdução de medidas que reduzam a geração, ampliem a reutilização e a reciclagem, além da deposição apropriada (MACHADO, 2006).

Para minimizar a geração de resíduos na construção civil é preciso a adoção de políticas e de modelo de desenvolvimento sustentável da obra.

Segundo González (2010), o responsável técnico pela obra deve estar atento com a degradação da no planeta, pois o setor de construção civil é um dos que interfere significativamente nos aspectos e impactos ambientais, ao desperdiçar matéria prima e insumos utilizados nos processos construtivos.

Valença (2006) considera imprescindível atuar no desenvolvimento de tecnologias que potencializem o reuso de resíduos. Ação que deve ser aplicada nos processos de produção e serviços com objetivo de diminuir os impactos ambientais. É desejável também, que se reduzam os custos diretos e indiretos de produção, tempo e desperdício de materiais, onde a produção mais limpa esteja direcionada para o desenvolvimento de medidas de conservação de consumo de matéria prima, água e energia.

Os produtos utilizados na construção civil devem reduzir os impactos ambientais à saúde humana, considerando a segurança em todo seu ciclo de vida, desde a extração da matéria prima, fabricação, uso e destinação final. Do ponto de vista energético o empreendimento deve apresentar edifícios mais eficientes, que possam gerar impactos cada vez menores ao meio ambiente. Na impossibilidade de eliminar todos os tipos de resíduos, afirma Pinto (1999), então a melhor forma de minimizar o impacto ambiental e reduzir os custos na obra é a reciclagem e a reutilização dos resíduos.

Segundo John (2000), a Indústria da Construção Civil consome aproximadamente três quartos de recursos naturais em seu processo produtivo. A não sustentabilidade do meio ambiente toma essas proporções maiores na produção total de entulho devido as perdas em projeto acrescido do desperdício de processos construtivos não racionalizados e/ou industrializados, para a execução de obras civis.

Durante a vida útil de uma edificação são gerados resíduos na fase de manutenção, na fase de reforma e adequação ao uso e até na fase de desocupação e demolição das construções. A rede produtiva da construção civil apresenta importantes impactos ambientais em todas suas etapas. No Brasil, segundo Valença (2006), a inter-relação entre a geração dos resíduos, o seu manejo e o meio ambiente desde a

coleta até a disposição final, chama atenção à ineficiência à gestão dos resíduos da construção civil.

Discute-se que no processo construtivo tradicional, existe um alto índice de desperdício do material utilizado e o não reaproveitamento do entulho. Para Pinto (1999), esses índices podem ser reduzidos por uma reciclagem sustentável dos resíduos da construção civil com a adoção de medidas de prevenção à geração; recuperação ou reutilização eficiente dos resíduos gerados; conscientização e responsabilidade ambiental e da participação de todos os agentes, públicos e privados.

No que diz respeito ao manejo dos resíduos, Valença (2006) observa que a qualidade do ambiente urbano é comprometida pela ação do próprio gerador e pela inexistência ou ineficiência dos serviços de coleta e pela disposição inadequada desses resíduos (lixões a céu aberto, terrenos baldios, etc). Segundo o mesmo autor, a geração do resíduo durante a fase de construção é decorrente das perdas dos processos construtivos. Parte das perdas do processo permanece incorporada nas construções, por deficiência no uso de novas tecnologias e mão de obra não qualificada, nas dimensões finais de uma construção superior àquelas projetadas.

As mudanças tecnológicas podem reduzir as perdas e o entulho da construção. No entanto, nem todas as novas tecnologias adotadas recentemente colaboram com a redução das perdas. Na fase de manutenção está associada a fatores de correção de defeitos; reformas ou modernização do edifício ou de partes do mesmo, que normalmente exigem demolições parciais; descarte de componentes que tenham degradado e atingido o final da vida útil e por isso necessitam ser substituídos.

Penrose (2006) afirma que as organizações são concebidas com predisposição por parte de indivíduos para assumir riscos na expectativa de um ganho, assim a Inovação Tecnológica na Construção Civil, pode ser para os empresários um meio competitivo, sustentável e com impacto ambiental inexorável.

Portanto, a importância desta rede produtiva para o desenvolvimento do país e o seu *trade off* como grande consumidora de recursos naturais, energéticos, e grande geradora de resíduos. Para reduzir a contradição é necessário estratégias de gestão ambiental em seus conceitos de gestão empresarial.

A inovação tecnológica, propósito fundamental para incrementar melhorias levam as construtoras a cobrar maior capacitação de seus subcontratados, ao estabelecer novos parâmetros para a terceirização de serviços/produtos dentro e fora da obra, podendo agir de modo formal na cobrança de aspectos qualitativos, de saúde e segurança, ambiental e de sustentabilidade.

1.4 Indicadores de sustentabilidade em empreendimentos habitacionais

A melhor forma de reduzir os desperdícios, a exemplo de uma demolição é não deixar que ela ocorra. Fazer manutenção predial alonga a vida útil dos edifícios, conservando a aparência da construção, mantendo as condições de segurança da estrutura e do edifício como um todo.

Porém, há fatores que influenciam a sustentabilidade de um edifício. O nível sócio econômico dos ocupantes, como descritos por Mateus (2006): Grau de conforto exigido por seus utilizadores; O número de utilizadores; Condição climática local; Condutibilidade térmica dos materiais; Perdas e ganhos de carga térmica; Volume da construção (área útil e pé direto médio); Orientação geográfica da edificação; Áreas envidraçadas e sua orientação; Condição econômica dos utilizadores; Eficiência energética dos utilizadores.

Recentes transtornos climáticos colocam questões ambientais relevam o conceito de sustentabilidade a necessidade da criação e a aplicação de indicadores para balizar o comprometimento de empreendimentos com metas que agregam valor nacional e internacional. Portanto, investigar indicadores de sustentabilidade relacionados à obra civil, identificando o grau de eficácia desses indicadores para as empresas do setor de habitação adotar, ganha importância extra. A utilização de conceitos de construção sustentável e conservação ambiental se estabelecem na fase de projeto do empreendimento de Construção Civil, seja habitacional ou não.

No entanto, construir uma habitação de fato ecológica, com impactos ambientais reduzidos ou extintos ainda é um desafio.

Segundo John (2010b) - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, sistemas de certificação na área de construção sustentável (CBCS) existem em todo o mundo. Dentre elas são evidentes: BREEAM (Inglaterra), GREEN STAR (Austrália), LEED (Estados Unidos) e HQE (França). Estes organismos apresentam os mesmos princípios junto a uma obra que se proponha a ser ambientalmente equilibrada. São eles: Planejamento Sustentável da Obra; Aproveitamento passivo dos recursos naturais; Eficiência energética; Gestão e economia da água; Gestão dos resíduos na edificação; Qualidade do ar e do ambiente interior; Conforto termo acústico; Uso racional de materiais; Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

O LEED (2011) é um sistema de certificação, feito por meio de avaliação de alguns critérios do edifício, como: Sustentabilidade da localização; Eficiência no uso da água; Eficiência energética e cuidados com as emissões na atmosfera; Otimização do uso de materiais e recursos; Qualidade ambiental no interior da edificação. Que segundo Son (2012) foi desenvolvido nos Estados Unidos da América com o objetivo de fornecer um conjunto de normas para uma construção ambientalmente sustentável.

O sistema AQUA, tem como princípio a construção sustentável sob critérios que reduzam os impactos ambientais e sociais de uma obra. O método desenvolvido pelo IPT oferece uma avaliação ambiental de edifícios adequada às condições brasileiras e enfatiza os aspectos ambientais tradicionais como características do terreno, de água, energia, materiais, resíduos e conforto ambiental. Caso o resultado seja satisfatório, concede uma Referência Ambiental-IPT (JOHN, 2010b).

Estas certificações identificam existência de diferenciais entre edifícios concebidos para atender a uma classe específica de empreendedores e usuários. Contudo, os profissionais da Construção Civil (engenheiros, arquitetos, técnicos, operacionais, etc.) devem atuar na minimização dos impactos causados ao meio ambiente. Para tanto, o uso de diversos instrumentos de viabilização de uma construção saudável, com baixo custo e com bom nível de sustentabilidade é factível.

2. Materiais e métodos

Quanto à metodologia, este trabalho de pesquisa tem por si características qualitativas que objetivam o cunho pessoal, autônomo, criativo e rigoroso (SEVERINO, 2002).

Esta pesquisa, conforme Cauchick (2010) tem seu plano amostral do tipo não probabilístico onde a inferência do pesquisador nos resultados obtidos é limitada, com coleta de dados tipo *Survey on line*.

Eleitos os casos de estudo, ou seja, Habitação Popular foi definido o número mínimo de respostas necessárias para cada questionário está embasada na teoria apresentada por Couto Júnior (2009), onde os questionários foram enviados para um total de 1780 Engenheiros (área da construção civil) e Arquitetos (área de Habitações) dos setores pesquisados, dentro de um período máximo de 30 dias de disponibilidade de preenchimento.

Após os cálculos, conforme a teoria de Couto Júnior (2009) chegou-se a um mínimo necessário do espaço amostral de 88 respostas válidas para habitação. Dentre aos 1780 respondentes que receberam o questionário, 93 responderam.

A pesquisa, devido ao tamanho da rede e das subredes, dos atores envolvidos acumulou um enorme volume de dados e informações de difícil operacionalização. A lógica *Fuzzy* é uma boa ferramenta para tratamentos que envolvem grandes volumes de dados com o processamento do algoritmo *Fuzzy*. A verificação da consistência e certificação do funcionamento das regras *Fuzzy* aplicação descrevem situações específicas que podem ser submetidas à análise de um painel de especialistas, e cuja inferência conduz a algum resultado desejado (FARRER, 1989 *apud* MOLLO 2007). O *software* "Matlab Fuzzy Logic Toolbox – Matlab 6.1" foi o sistema especialista utilizado como um ambiente de computação científica.

A Teoria dos conjuntos *Fuzzy* utilizada, afirma que dado um determinado elemento que pertence a um domínio, é possível ser verificado o grau de pertinência do elemento em relação ao conjunto. O grau de pertinência é a referência para verificar o quanto "é possível" esse elemento poder pertencer ao conjunto. O grau é calculado através de uma determinada função que retorna geralmente um valor

real que varia entre 0 e 1, sendo que 0 indica que não pertence ao conjunto, e 1 pertence (KOHAGURA, 2007).

Esta Lógica difere dos sistemas lógicos tradicionais pelo raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas (GOMIDE, 2012). A Lógica *Fuzzy* é a lógica que valida os modos de raciocínio aproximados ao invés dos exatos. Os conceitos de Lógica *Fuzzy* traduzem matematicamente dados imprecisos contidos em frases expressas em linguagem coloquial.

Para este trabalho os algoritmos e suas respectivas variáveis são os apresentados na tabela 1.

Tab. 1. Algoritmos – variáveis de entrada, saída e processo.

Fonte: autor deste trabalho.

Algoritmo	Variável Linguística Independente	Função de Pertinência Termos linguísticos	Variável Linguística Dependente
	(ENTRADA)	(PROCESSO)	(SAÍDA)
	I - Materiais e equipamentos; II - Resíduos; III - Energia; IV- Infraestrutura; V - Mão de obra.	Não significativa; Pouco significativa; Significante; Muito significativa.	Não sustentável; Parcialmente sustentável; Sustentável.

Para construir a base de regras *Fuzzy* necessitou-se aplicar regras como SE-ENTÃO para inferir uma saída com o uso de um método de raciocínio *Fuzzy*, que segundo Mollo (2007) é um procedimento de inferência utilizado para derivar conclusões de um conjunto *Fuzzy* com regras SE-ENTÃO e de uma ou mais condições dadas.

Assim, 256 regras foram obtidas do inter-relacionamento das variáveis linguísticas independentes (5) e a função de pertinência dos termos linguísticos (4), ou seja: 4^5 .

O domínio das variáveis de entrada e/ou saída foi definido para um intervalo de 0 a 100. Nesta etapa de construção do modelo *fuzzy*, o sistema de controle *fuzzy* pôde ser construído ao se arbitrar valores numéricos para as variáveis de entrada, simulando o cenário factível, do ponto de vista dos especialistas, para observar e analisar os valores obtidos para cada variável de saída.

A inferência *Fuzzy* foi implementada e apurada, com o uso do *software MATLAB v.6.1 (Fuzzy Logic Toolbox of Matlab®, 2000)*. O sistema de inferência *Fuzzy* que se aplicou ao sistema foi o método de Mamdani que aborda regras lógicas “E” e “OU” (RIBACIONKA, 1999).

Com este método, uma escala fundamentada que fornece subsídios para a construção das regras de inferência foi obtida. Os intervalos apresentados são obtidos após os algoritmos serem processados no *Matlab Fuzzy Logic Toolbox* – tabela 2.

Tab. 2. Faixas numéricas–grau de sustentabilidade–Habitação.

Fonte: Autores da pesquisa.

Não sustentável		Intervalo FUZZY		Parcialmente sustentável		Intervalo FUZZY		Sustentável	
0,000	15,270	15,271	16,799	16,800	30,410	30,411	33,789	33,790	ACIMA

3. Discussão e resultados

Pelo método apresentado, onde foram desenvolvidas regras baseadas nas variáveis independentes de forma a permitir a determinação dos valores da variável dependente destes valores, foi possível utilizando o *Microsoft Excel*, construir o gráfico de tendência e o polinômio de melhor ajuste, para a alimentação do algoritmo de inferência do modelo de previsão de sustentabilidade - figura 4.

O gráfico da figura 4 (grafado em preto) apresenta 625 cenários (X) possíveis para o estudo do caso

Habitação e seus resultados, a curva de tendência (em vermelho) que reflete a função polinomial (Y) extraída do módulo de gráficos do *Microsoft Excel*, foram processados e obtidos no *Matlab*. Esta função (Y) é quem rege o algoritmo que define o quanto as habitações em análise são ou não sustentáveis. Este gráfico tem sua construção a partir da tabela 3.

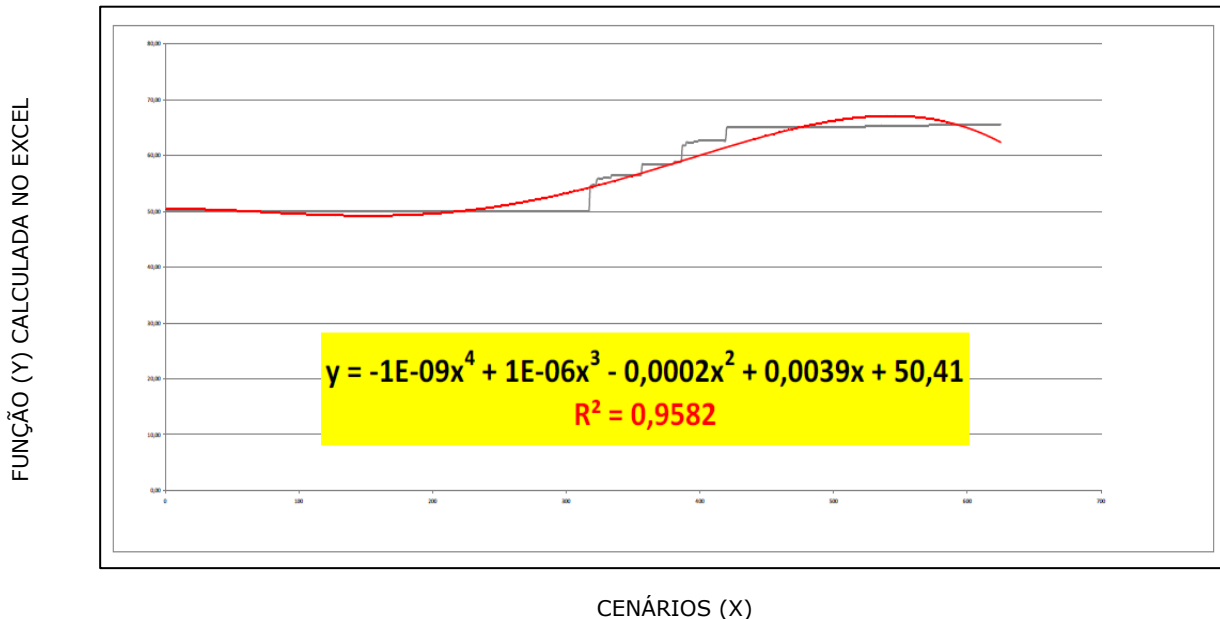


Fig. 4. Função polinomial – Habitação.
Fonte: *Matlab 6.1. Excel* - extraído desta pesquisa pelos autores.

Os intervalos utilizados como faixas numéricas obtidos do gráfico – figura 4, ou seja, graus de sustentabilidade da Habitação são apresentados na tabela 3.

Tab. 3. Extrato do banco de dados obtido da pesquisa – Habitação.
Fonte: autores desta pesquisa.

MAT. E EQUIP.	RESÍDUOS	ENERGIA	INFRA ESTR.	MÃO DE OBRA	HABITAÇÃO		
					CENÁRIO (X)	SAÍDA MATL.	FUN. (Y) CALC. EXCEL
50	25	95	75	25	01	50,00	50,41
...
50	75	95	25	25	76	50,00	49,96
...
95	50	25	75	50	625	65,60	66,28

Após a identificação da função polinomial, uma tabela 4, de índices (pontos) de correlação foi elaborada, em função das variáveis linguísticas independentes de entrada. Esta tabela 4 identifica que se após ser respondido, por exemplo, o questionário 1, a habitação popular é “Não sustentável”, “Parcialmente sustentável” ou “Sustentável”.

Tab. 4. Índices (pontos) de correlação – Habitação.

Fonte: autores desta pesquisa.

SAÍDA					
Não sustentável		Parcialmente sustentável		Sustentável	
ÍNDICES (PONTOS)		ÍNDICES (PONTOS)		ÍNDICES (PONTOS)	
0,00	53,99	54,00	64,99	65,00	70,00

Com o algoritmo gerado, que determina o grau de sustentabilidade de uma habitação, um estudo de caso fictício que permita verificar se o sistema responde conforme os especialistas propuseram, é apresentado a seguir.

Uma construção habitacional popular avaliada pelo questionário estruturado 1, ao obter respostas de um especialista com pontos respectivamente **(50)**; **(75)**; **(95)**; **(25)**; **(25)**, o sistema especialista retorna uma saída discreta igual a 50,00 pontos, para a qual saída, a função polinomial de tendência **$y = -1E-09x^4 + 1E-06x^3 - 0,0002x^2 + 0,0039x + 50,41$** apresenta um valor calculado de **49,96** pontos.

Quest. 1. Medição da sustentabilidade habitacional – Habitação.

Fonte: Autores desta pesquisa.

QUESTIONÁRIO

HABITAÇÃO

Este questionário tem por finalidade quantificar aspectos relevantes de um empreendimento habitacional popular com qualidade, inovado e sustentável.

Considerando que em construções habitacionais populares sustentáveis, a fase de "HABITAÇÃO", bem como a gestão dos elementos da obra (água, energia, materiais, ambiente interno, canteiro de obra, operação e manutenção, serviços públicos locais e mão de obra), pode ser correlacionada com a qualidade, a inovação tecnológica, a operação, a manutenção, o ambiente interno e a infraestrutura pública local adequada, identifique os percentuais das questões abaixo.

As respostas devem utilizar os seguintes pesos percentuais referente ao empreendimento em análise, para cada requisito apresentado (Máquinas e equipamentos, Resíduos; Energia; Infraestrutura; Mão de obra):

25% sustentável; 50% sustentável; 75% sustentável; 95% sustentável.

Para cada requisito apresentado a seguir, qual é o percentual de aplicabilidade no empreendimento em análise?

Requisito I – MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	%
Desempenho térmico com: Aberturas arquitetônicas para ventilação e sombreamento; Desempenho térmico das paredes e coberturas.	50
Acessibilidade às instalações, equipamentos e elementos construtivos com: A operação e manutenção dos equipamentos e facilidade de manutenção e limpeza dos elementos construtivos.	

Requisito II - RESÍDUOS	%
Gestão do desempenho durante o uso da edificação com: As atividades de manutenção; Garantia de manutenção da potabilidade de água; Viabilidade para o monitoramento do consumo de energia, água e gás; Viabilidade para a gestão de resíduos sólidos; Prevenção quanto aos incômodos causados aos ocupantes durante as atividades de manutenção e limpeza; Cultura de coleta seletiva; Áreas permeáveis.	75

Requisito III - ENERGIA	%
Redução do consumo de água potável com: Limitação das vazões nos pontos de utilização; Limitação do consumo de água para irrigação paisagística; Utilização de fontes alternativas de água; Medição do consumo com uso de medidores individuais; Utilização de parte da água pluvial.	95
Otimização da iluminação com: Iluminação natural; artificial energeticamente eficiente; Eficiência na iluminação das áreas externas.	
Uso de energias renováveis com:	

Aquecimento solar de água; Geração de energia elétrica no local por meio de fontes renováveis.	
Uso de equipamentos com selo de eficiência energética PROCEL e outros dispositivos como: Eletrodomésticos com selo PROCEL; Dispositivos economizadores; Equipamentos a gás.	
Concepção dos espaços com: Definição de premissas de projeto para eficiência energética no uso do empreendimento.	

Requisito IV - INFRAESTRUTURA	%
Existência de serviços de responsabilidade do órgão público local com: Água encanada potável; Gás encanado; Luz; Telefonia fixa; Acesso a rede mundial - internet; Sinal de TV; Transporte público; Correios; Coleta de lixo comum; Coleta seletiva de lixo; Coleta de esgoto; Segurança pública; Praças e parques no entorno; Saúde pública; Escola pública.	25
Participação da sociedade do entorno do empreendimento durante a fase de: Planejamento para a mitigação dos impactos ambientais e sociais do local.	

Requisito V – MÃO DE OBRA	%
Consumo de recursos diminuído com: Redução das perdas de materiais; Implantação de ações potencialmente racionalizadoras; Redução de desperdício de mão de obra; Gestão do consumo de água, energia elétrica e gás.	25
Uso de especialistas em: Construção; Automação; Manutenção; Demolição.	

RESULTADO FINAL						
I - MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	II - RESÍDUOS	III - ENERGIA	IV - INFRAESTRUTURA	V - MÃO DE OBRA	HABITAÇÃO	
%	%	%	%	%	CENÁRIO - RIO n°	FUNÇÃO (Y) CALCULADA NO EXCEL
50	75	95	25	25	76	49,96
						PARA A FASE DE HABITAÇÃO, ESTE EMPREENDIMENTO É CONSIDERADO COMO SENDO:
						NÃO SUSTENTÁVEL

Neste caso conforme a tabela 4, esta **Habitação Popular** avaliada é considerada **não sustentável**, dentro dos requisitos estabelecidos pelo banco de dados constituído por esta pesquisa.

Assim com os resultados obtidos e a validação da pesquisa, é possível demonstrar que a influência das variáveis independentes (Materiais e equipamentos; Resíduos; Energia; Infraestrutura; e Mão de obra), conforme John (2010b) e Gomide (2012) se conferem.

4. Conclusão

Conforme os resultados obtidos no desenvolvimento da presente pesquisa, foi possível atender ao objetivo principal, alcançado pela investigação, onde se obteve um processo consistente tratado com o uso do Método *Fuzzy* com o suporte de ferramentas computacionais *Matlab* e *Microsoft Excel*, para garantir uma padronização comparativa, quanto à qualidade, a tecnologia e a sustentabilidade para construção de habitações populares.

Referências

CAUCHICK, P. A. C. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Editora Campus – Rio de Janeiro – 2010.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil – Edição 90 – 04/05/2011. <http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/trabalhadores-da-construcao-civil-preferem-ficar-na>

informalidade. Acesso em 30-11-2012.

CNAE. Classificação Nacional de Atividades Econômicas – 2011. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae1.0_2ed/estrutura_detalhada.pdf. Acesso em: 20-12-2012.

COUTO JUNIOR, E. B. Abordagem não-paramétrica para cálculo do tamanho da amostra com base em questionários ou escalas de avaliação na área de saúde. Tese de Doutorado – Faculdade de Medicina da USP, 2009. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144/tde-22022010-175431/pt-br.php>. Acesso em 20/01/12.

COVELO, M. A. S. Cadeia produtiva - O dilema da verdadeira qualificação de fornecedores <http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/artigo--cadeia-produtiva---o-dilema-da-verdadeira-qualificacao-81991-1.asp>. Acesso em 10-11-2011.

DIAS, E. C. Cadeia produtiva da construção e o mercado de materiais; ago-2007; FGV – ABRAMAT: <http://www.abramat.org.br/files/Estudo%20%20Cadeia%20Produtiva%20-%20Abramat%20.pdf>. Acesso: 04-11.

DIEESE. Estudo setorial da construção civil, Nº 56. Acesso em: 20-06-2012.

GOMIDE. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos *Fuzzy*, lógica *fuzzy* e aplicações. <ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/ifsa95.pdf>. Acesso em 21/11/2012.

GONZÁLEZ, M. A. S. Sustentabilidade econômica - proposta de aplicação de descobrimento de conhecimento no processo de concepção de produtos imobiliários – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). <http://www6.ufrgs.br/norie/tic2007/artigos/A1128.pdf>. Acesso em: 20/03/2010.

JOHN, V. M. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. 2010. <http://www.cbcs.org.br/>. Acesso em 21/10/2011 (b).

JOHN, Vanderley M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese livre docência - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia da Construção Civil. São Paulo, 2000.

KOHAGURA, T. Lógica *fuzzy* e suas aplicações. Departamento de Computação Trabalho de Conclusão de Curso - Universidad Estadual de Londrina – 2007. <http://pt.scribd.com/doc/86598014/70/APLICACOES-DA-LOGICA-FUZZY>. Acesso em 20/02/2012.

LAZZARINI, S. G. Empresas em rede; Editora CENGAGE, 2008.

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*. 2011. <http://www.construcaoecia.com.br/conteudo.asp?ed=55&cont=570>. Acesso em 14/11/2011.

MACHADO, F. M. Gestão Sustentável: o gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, 2006.

MATEUS, R. Tecnologias construtivas para a sustentabilidade; Editora Prometeu – Ed. Ecopy. Porto, 2006.

MOLLO, M. Desenvolvimento de um sistema para diagnóstico preventivo de laminite em bovinos de leite utilizando lógica Fuzzy. Universidade Estadual de Campinas . Faculdade de Engenharia Agrícola Tese, 2007. <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000418207&fd=y>. Acesso em 10/01/2012.

ORTEGA, N. R. S. Aplicação da teoria de conjuntos *fuzzy* a problemas da biomedicina. 2001. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

PENROSE, E. A teoria do crescimento da firma. São Paulo – UNICAMP, 2006.

PEREIRA, I. G. S. Cadeia produtiva da construção civil: uma análise sobre a sustentabilidade, centro de ciências sociais aplicadas/ departamento de administração - XI encontro de iniciação à docência – 2009.http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex_xienid/xi_enid/monitoriapet/anais/area5/5ccsadamt01.pdf. Acesso 11-2010.

PINTO, T.P., Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana. São Paulo, 1999 . 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

RIBACIONKA, F. Sistemas computacionais baseados em lógica *fuzzy*. Dissertação de Mestrado – Universidade Mackenzie – São Paulo, SP - 1999.

SEVERINO, J. S. Metodologia do Trabalho Científico. Editora Cortez – 22^a edição revisada e ampliada; São Paulo, 2002.

SILVA, M. A. C. Cadeia produtiva - o dilema da verdadeira qualificação de fornecedores. <http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/artigo--cadeia-produtiva---o-dilema-da-verdadeira-qualificacao-81991-1.asp>. Acesso 29-11-2001.

SON, K. *Urban Sustainability Predictive Model Using GIS: Appraised Land Value versus LEED Sustainable Site Credits*. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000449. *American Society of Civil Engineers*, 2012.

TOLEDO, P. M. Cadeia produtiva da construção civil no estado do Pará Belém Pará, 2009.

VALENÇA, M. Z. Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: por uma prática integrada de sustentabilidade empresarial – ENEGEP 2006. <http://publicacoes.abepro.org.br/index.asp?pchave=&ano=2006&x=19&y=18>. Acesso em 17/03/2010.

WOOD, B. *Maintenance Integrated Design and Manufacture of Buildings: Toward a Sustainable Model*. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000077. *American Society of Civil Engineers*, 2012.