

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS

CAMILA CARDOZO VERZENHASSI

**MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO ENTRE SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS SUSTENTÁVEIS PARA EDIFICAÇÕES  
PROVISÓRIAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

CAMILA CARDOZO VERZENHASSI

**MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO ENTRE SISTEMAS  
CONSTRUTIVOS SUSTENTÁVEIS PARA EDIFICAÇÕES  
PROVISÓRIAS**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

Orientador: Prof. M.Sc. Carlos Alberto da Costa

CURITIBA

2014

## RESUMO

VERZENHASSI, Camila Cardozo. Modelo multicritério de decisão entre sistemas construtivos sustentáveis para edificações provisórias. 2014. 63 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2014.

Visto que é tendência mundial a tentativa de se adotar um modelo de desenvolvimento sustentável, e que as edificações provisórias possuem um impacto ambiental negativo intrínseco, justamente pelo fato de serem provisórias, é importante adotar sistemas construtivos que permitam a desconstrução e desmontagem ao final de sua utilização. Esta pesquisa apresenta alguns sistemas construtivos sustentáveis disponíveis no mercado, economicamente e tecnicamente possíveis de ser adotados na construção de edificações provisórias. Buscando que a tomada de decisão não seja baseada apenas no fator custo ou na subjetividade do empreendedor, critérios e requisitos para avaliação de tais métodos construtivos são adotados, baseados no conceito de sustentabilidade e em normas técnicas e legislações pertinentes. A partir de uma revisão da literatura referente a métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios (MCDM) um sistema de pontuação para os critérios é desenvolvido, definindo-se pesos aos atributos selecionados como mais impactantes, através da utilização de matrizes de comparação do método *Analytic Hierachy Process* (AHP). O trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um modelo de tomada de decisão multicritério baseado no método AHP que pode ser utilizado como ferramenta para a escolha do método construtivo mais adequado para a construção de edificações provisórias em um determinado local/situação.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Sistemas construtivos. Edificações provisórias. Tomada de decisão multicritério. AHP.

## ABSTRACT

VERZENHASSI, Camila Cardozo. Multicriteria decision model of sustainable construction systems for temporary buildings. 2014. 63 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2014.

Since global trend is the attempt to adopt a model of sustainable development, and that the temporary buildings have intrinsic negative environmental impact, precisely because they are temporary, it is important to adopt building systems which allow the deconstruction and dismantling at the end of its use. This research provides some sustainable construction systems available in the market, economically and technically feasible to be adopted in the construction of temporary buildings. Seeking that decision making don't be based solely on cost factor or the subjectivity of the entrepreneur, criteria and requirements for review of such construction methods are adopted, based on the concept of sustainability, and in technical standards and relevant laws. From a review of the literature pertaining to multiple criteria decision making methods (MCDM) a scoring system for the criteria is developed, defining the weights selected as the most striking attributes, through the use of matrixes of comparison derived from the Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The paper aims to develop a multicriteria decision making model based on the AHP method that can be used as a tool for choosing the most suitable method for the construction of temporary buildings on a certain site/situation.

**Keywords:** Sustainability. Building systems. Temporary buildings. Multiple criteria decision making. AHP.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Papel da logística reversa dentro da cadeia produtiva da Construção Civil sob o ponto de vista da sustentabilidade.....	20
Figura 2: Casa desmontável 6x9m, 1944, Metal e madeira.....	27
Figura 3: Canteiro de obras sendo construído em alvenaria de blocos de concreto celular estruturados com perfis metálicos.....	28
Figura 4: Estrutura de concreto pré-moldado com alvenaria de vedação de blocos de concreto sendo demolida.....	29
Figura 5: Escola rural para 50 alunos, esquema de montagem, Abadiânia GO.....	30
Figura 6: Escola do centro administrativo da Bahia.....	32
Figura 7: Módulos para escritório.....	33
Figura 8: Módulos para escritório.....	33
Figura 9: Planta de módulos conjugados de contêineres.....	33
Figura 10: Sistema construtivo modular da empresa Canteiro.....	35
Figura 11: Edificações construídas com o sistema da empresa Canteiro.....	35
Figura 12: Modelos tridimensionais do sistema da empresa Sustentabil.....	36
Figura 13: Protótipos Sustentabil.....	37
Figura 14: Loja da rede McDonalds construída com o sistema Quick House.....	38
Figura 15: Stand de vendas construído com o sistema Quick House.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores mínimos obrigatórios para nível de iluminância geral para iluminação natural. ....	17
Tabela 2: Valores mínimos obrigatórios para o fator de luz diurna para os diferentes ambientes da edificação .....	17
Tabela 3: Exemplos de referências em construção sustentável .....	23
Tabela 4: Matriz de decisão com m alternativas e n critérios .....	40
Tabela 5: Escala linear de comparações entre critérios. ....	45
Tabela 6: Requisitos e critérios para seleção do método construtivo .....	47
Tabela 7: Questionário para atribuição de notas no critério técnico .....	49
Tabela 8: Matriz de ponderação dos critérios técnicos e respectivo vetor pesos .....	49
Tabela 9: Questionário para atribuição de notas no critério econômico .....	50
Tabela 10: Matriz de ponderação dos critérios econômicos e respectivo vetor pesos .....	51
Tabela 11: Questionário para atribuição de notas no critério ambiental .....	52
Tabela 12: Matriz de ponderação dos critérios ambientais e respectivo vetor pesos .....	52
Tabela 13: Questionário para atribuição de notas no critério social .....	53
Tabela 14: Matriz de ponderação dos critérios ambientais e respectivo vetor pesos .....	54
Tabela 15: Matriz de ponderação das categorias de critérios ambientais e respectivo vetor pesos ....	55
Tabela 16: Matriz decisão, vetor pesos e vetor decisão .....	55

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
1.1	PROBLEMA	9
1.2	OBJETIVO	9
1.2.1	<i>Geral</i>	9
1.2.2	<i>Específico</i>	9
1.3	JUSTIFICATIVA	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>11</b>
2.1	REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS DE SEGURANÇA, SAÚDE, QUALIDADE, RESPONSABILIDADE SOCIAL E AMBIENTAL	11
2.2	LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.2.1	<i>Modularidade</i>	20
2.3	SUSTENTABILIDADE E A CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.4	COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS - CPS	23
2.5	MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA EDIFICAÇÕES PROVISÓRIAS	25
2.5.1	<i>Alvenaria Estrutural de Blocos</i>	27
2.5.2	<i>Argamassa Armada</i>	29
2.5.3	<i>Locação de Contêineres</i>	32
2.5.4	<i>Método CANTEIRO - Construção em madeira desmontável</i>	34
2.5.5	<i>Método SUSTENTABIL – Sistema Construtivo Carbono Zero</i>	35
2.5.6	<i>Método QUICKHOUSE – Construção em aço desmontável</i>	37
2.6	MÉTODOS MULTICRITERIAIS DE TOMADA DE DECISÃO	39
2.6.1	<i>MAUT</i>	41
2.6.2	<i>ELECTRE</i>	42
2.6.3	<i>MACBETH</i>	43
2.6.4	<i>AHP</i>	44
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>46</b>
3.1	PROPOSTA PARA UM MODELO DE DECISÃO BASEADO NO MÉTODO MULTICRITÉRIO AHP	46
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>47</b>
4.1.1	<i>Requisitos e critérios de avaliação</i>	47
4.1.2	<i>Modelo de tomada de decisão</i>	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>
	REFERÊNCIAS	57

# 1 INTRODUÇÃO

As instalações provisórias que compõem os canteiros de obras são parte obrigatória da montagem de qualquer empreendimento da construção, necessárias para a implantação de estruturas de apoio compostas por áreas de apoio técnico administrativas (escritórios, recepção, salas de treinamento e reuniões, etc.), áreas de vivência (cozinha, refeitório, instalações sanitárias, vestiário, etc.), centrais de montagem, estoques e almoxarifados, entre outros. Tais construções tem caráter provisório, sendo ao final da obra demolidas ou desmontadas, gerando sempre grande quantidade de resíduo.

No caso específico de construções de grande porte, em que a implantação do empreendimento pode durar mais de 5 anos, os canteiros de obra devem ainda ter durabilidade suficiente para suportar o tempo de utilização necessário.

Mesmo tendo caráter provisório os canteiros de obra devem atender a requisitos normativos de segurança e saúde, preconizados pela NR 18 (MINISTÉRIO..., 1978) que rege as condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, e pela NBR 12284 (ASSOCIAÇÃO..., 1991) que estabelece as condições das áreas de vivência em canteiros de obras.

Além desses critérios de segurança e saúde, atualmente a questão ambiental é cada vez mais relevante, e as indústrias devem reduzir ao mínimo os resíduos totalmente descartados devendo “observar a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” conforme artigo 9º. da Lei 12.305 (BRASIL, 2010). Para incentivar as empresas o governo estabeleceu inclusive incentivos fiscais, como por exemplo pela Lei 11.196 que em seu artigo 48 suspende a incidência de contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins no caso de venda de desperdícios, resíduos ou aparas de plástico, de papel ou cartão, de vidro, de ferro ou aço, de cobre, de níquel, de alumínio, de chumbo, de zinco e de estanho (BRASIL, 2005).

Devido a esses aspectos a escolha de um método construtivo adequado para a construção das instalações provisórias, que possibilite a minimização do consumo de recursos naturais e a geração de resíduos ao final de sua vida útil, atendendo às necessidades técnicas e de segurança e saúde necessárias, e que ao



mesmo tempo seja economicamente viável, é de grande relevância no cenário da construção civil e industrial de grande porte.

## **1.1 Problema**

Atualmente o mercado da construção civil conta com uma vasta gama de métodos construtivos, vários deles com viés sustentável (sócio-ambiental), que podem ser adotados para a construção das edificações provisórias. Para a tomada de decisão entre qual desses métodos escolher o gestor precisa avaliar múltiplos critérios, não pautando-se somente pelo fator custo, de modo a fazer a escolha adequada.

## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 Geral**

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo de decisão que pautar a escolha do melhor método construtivo para edificações provisórias, envolvendo a análise de múltiplos critérios de sustentabilidade (econômicos, técnicos, legais, sociais e ambientais), fazendo com que tal decisão deixe de ser baseada apenas no critério do menor preço ou na subjetividade do empreendedor e sua equipe.

### **1.2.2 Específico**

Através da pesquisa de normas, regulamentos e legislações aplicáveis às edificações provisórias e ao setor da construção civil o trabalho busca identificar os sistemas construtivos disponíveis no mercado nacional que atendem tais normas, ao mesmo tempo incorporando conceitos de sustentabilidade e gestão ambiental, social e da qualidade. A seguir, através do estudo dos métodos de decisão multicritério existentes, adotar um deles para desenvolver um modelo de decisão aplicável às edificações provisórias chamadas sustentáveis.

### **1.3 Justificativa**

O consumo desmedido de recursos naturais, sem nenhum reaproveitamento, vai contra as atuais demandas ambientais e de desenvolvimento sustentável. Por esse motivo a busca da minimização da geração de entulho proveniente da construção civil, neste caso especificamente da demolição de edificações provisórias de apoio aos canteiros de obras, tem grande relevância no atual cenário brasileiro, em que a necessidade de soluções sustentáveis é crescente.

A destinação de entulho para aterros sanitários era a solução mais comumente utilizada na indústria da construção. Por tratar-se de material inerte geralmente é “aceito para a recuperação de áreas alagadas, para aterros e reaterros diversos, ou então é simplesmente lançado de maneira aleatória e irregular em beiras de estrada, cursos d’água ou antigas cavas, quando não é lançado em aterros sanitários com o custo correspondente” (PHILIPPI JR; ROMÉRO; BRUNA, 2004, p.206). No entanto a Resolução Conama 307 (CONSELHO..., 2002) em seu mais novo texto, alterado em 2012 (CONSELHO..., 2012), estabelece que os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de ‘bota fora’, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei”, devendo ser triados prevendo o reuso ou reciclagem , e destinados para áreas licenciadas pelos órgãos públicos competentes.

A escolha de um fornecedor ou método construtivo baseada apenas no fator custo não permite uma avaliação multicriterial, que considere os fatores de sustentabilidade do produto (ambientais, sociais, econômicos e técnicos), atendendo às inúmeras exigências legais atualmente vigentes nesse aspecto. Deste modo, faz-se necessária a utilização de um modelo organizado para a tomada de decisão, que envolva os múltiplos critérios que tornam um produto/método construtivo sustentável.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo apresenta os requisitos legais e normativos para as construções além de conceitos gerais de logística reversa, modularidade, sustentabilidade, e compras sustentáveis que são importantes na escolha dos critérios e requisitos para o modelo de tomada de decisão. Também são apresentados métodos construtivos possíveis de ser adotados para edificações provisórias de canteiros de obra de longa duração, com especial destaque para os métodos sustentáveis disponíveis no mercado. Na sequência é abordada a teoria da tomada de decisão e alguns métodos de decisão multicritério disponíveis na literatura, incluindo o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), utilizado neste trabalho.

### **2.1 Requisitos legais e normativos de segurança, saúde, qualidade, responsabilidade social e ambiental**

De acordo com a NR 18 (MINISTÉRIO..., 2013), NR 24 (MINISTÉRIO..., 1993), e NBR 12284 (ASSOCIAÇÃO..., 1991). as áreas de vivência dos canteiros de obra devem dispor de diversos ambientes, tais como sanitários, vestiários, refeitório, ambulatório, área de lazer, entre outros, “mantidos em perfeito estado de conservação, higiene e limpeza” (MINISTÉRIO..., 2013). Tais normas estabelecem ainda condições mínimas de ventilação, iluminação, proteção das intempéries, alturas de pé-direito, proteção das instalações elétricas, etc. e a utilização de pisos e paredes de materiais resistentes, laváveis e impermeáveis, tais como alvenaria, madeira ou equivalentes.

Muitas organizações estão implementando um Sistema de Gestão de Saúde e de Segurança Ocupacional (SGSSO) como parte de sua estratégia de gestão de risco. Um SGSSO promove um ambiente de trabalho seguro e saudável através de uma estrutura que permite à sua organização identificar e controlar consistentemente seus riscos à saúde e segurança, reduzir o potencial de acidentes, auxiliar na conformidade legislativa e melhorar o desempenho geral. A OHSAS 18001 (NATIONAL..., 2007) é uma especificação de auditoria internacionalmente reconhecida para sistemas de gestão de saúde ocupacional e segurança. Foi

desenvolvida por um conjunto de organismos comerciais líderes, organismos internacionais de normas e certificação com foco em uma lacuna para a qual não existe uma norma internacional certificável por organismos certificadores. O sistema de gestão proposto pela OHSAS pode ser integrado aos sistemas de gerenciamento ambiental e também aos sistemas de qualidade, mas sua funcionalidade independe dos outros. A implantação da OHSAS 18001 retrata a preocupação da empresa com a integridade física de seus colaboradores e parceiros, demonstrando o seu compromisso com a segurança, higiene e saúde no trabalho.

Além das questões de segurança e saúde envolvidas, as exigências legais quanto à proteção ambiental tendem a tornar-se progressivamente mais exigentes, visando o desenvolvimento sustentável da sociedade. As instalações provisórias dos canteiros de obra possuem, justamente no fato de serem provisórias, uma característica intrínseca de causar impacto ambiental negativo. Ao final de sua utilização, são normalmente demolidas, gerando resíduos, causando poluição e desperdício de recursos naturais.

A NR 25 (MINISTÉRIO..., 2011) preconiza que as empresas devem “buscar a redução da geração e resíduos por meio da adoção de melhores práticas tecnológicas e organizacionais disponíveis”. Além disso estabelece que os “resíduos industriais devem ter destino adequado (...)”, devendo ser descartados em locais legalmente autorizados. A Resolução Conama 307 (CONSELHO..., 2002) por sua vez considera a “necessidade de redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil” e afirma que “os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas”. Em seu artigo 4º., referente a nova redação dada pela Resolução 448/12, estabelece que “os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.” De acordo com o Artigo 8º. os grandes geradores devem ainda ter um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil apresentado quando da obtenção do licenciamento ambiental do projeto de um empreendimento.

Recentemente, em 2010, o governo promulgou a Lei 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) buscando contribuir para o desenvolvimento sustentável da nação. Um de seus objetivos é a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. A Lei 12.305 estabelece os requisitos para a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos das empresas, incluindo as da construção civil. Tal Plano deve no mínimo possuir o “diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados”. O setor privado é agora responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, pela sua reincorporação na cadeia produtiva e pelas inovações nos produtos que tragam benefícios socioambientais, sempre que possível.

Com o aumento dos requisitos legais e da fiscalização dos órgãos ambientais os descartes ilegais de resíduos tendem a ser coibidos e os custos envolvidos para o descarte em local apropriado podem ser altos. Nesse sentido, a minimização da geração de resíduo pelas empresas tem, além de caráter legal, ganho econômico relevante.

Com relação à qualidade de produtos, empresas e seus sistemas de gestão a mais conhecida certificação é a NBR ISO 9001 (ASSOCIAÇÃO..., 2000), versão brasileira da norma internacional ISO 9001, que estabelece requisitos para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de uma organização. A ISO 9001 define o padrão não só para sistemas de gestão da qualidade, mas para sistemas de gestão em geral sendo uma dentre as normas da série de sistemas de gestão da qualidade ISO 9000 (INTERNATIONAL..., 2005).

Adicionalmente, a ISO 9001 foi desenvolvida para ser compatível com outras normas e especificações de sistemas de gestão, tais como a OHSAS 18001 de Saúde Ocupacional e de Segurança (NATIONAL..., 2007) e a ISO 14001 de Meio Ambiente (ASSOCIAÇÃO..., 2004). A adoção das normas ISO é vantajosa para as organizações uma vez que lhes confere maior organização, produtividade e credibilidade - elementos facilmente identificáveis pelos clientes -, aumentando a sua competitividade nos mercados nacional e internacional. Certificar o Sistema de

Gestão da Qualidade garante uma série de benefícios à organização: além do ganho de visibilidade frente ao mercado, surge também a possibilidade de exportação para mercados exigentes ou fornecimento para clientes que queiram comprovar a capacidade que a organização tem de garantir a manutenção das características de seus produtos

Além da certificação pela NBR ISO 9001, foi criado em 1991 o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H (MINISTÉRIO..., 1991), que tem como finalidade difundir os novos conceitos de qualidade, gestão e organização da produção, indispensáveis à modernização e competitividade das empresas brasileiras. Dentro do PBQP-H o projeto SiAC - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - tem como objetivo avaliar a conformidade de Sistemas de Gestão da Qualidade em níveis adequados às características específicas da atuação das empresas do setor de serviços e obras atuantes na Construção Civil, e baseando-se na série de normas ISO 9000. O certificado PBQP-H SiAC é um pré-requisito exigido por instituições como a Caixa Econômica Federal e outros bancos para a concessão de financiamentos habitacionais. Alguns governos estaduais e prefeituras municipais exigem o certificado PBQP-H SiAC para a participação em licitações.

Outro projeto do PBQP-H é o SiMAC – Sistema de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos – que visa combater a não conformidade técnica de materiais e componentes da construção civil, que resultam em obras civis e habitações de baixa qualidade. Dessa forma, o PBQP-H propõe-se fomentar a capacitação tecnológica das empresas que desejam produzir em conformidade com as normas técnicas, e combater a não-conformidade sistemática, visando sempre a melhoria da qualidade na produção habitacional. Hoje, existem materiais, organizados em Programas Setoriais da Qualidade (PSQs), que ultrapassam o índice de 90% de conformidade, promovendo um cenário de crescente isonomia competitiva no setor da construção civil. Com a implementação dos Programas Setoriais da Qualidade (PSQs), conseguiu-se reduzir o percentual médio de não-conformidade dos materiais e componentes da construção civil habitacional para aproximadamente 20%, sendo que alguns segmentos já atingiram níveis próximos a 100% de conformidade.

Por fim, o PBQP-H criou o SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - com o objetivo de procedimentar a avaliação de novos produtos utilizados nos processos de construção, quando não existem normas técnicas prescritivas específicas aplicáveis ao produto. A operacionalização do SINAT representa, efetivamente, a criação de uma infraestrutura fundamental para o desenvolvimento tecnológico do setor da construção civil.

As grandes empresas, geralmente responsáveis pela construção e montagem de obras de grande porte e longa duração, normalmente possuem Sistemas de Gestão Ambiental, certificados conforme NBR ISO 14001 (ASSOCIAÇÃO..., 2004), comprovando perante a sociedade a busca de práticas que minimizam os impactos ambientais de sua atividade econômica. Nesse sentido a redução da geração de resíduos tem papel importante. Soma-se a isso a atual escassez de recursos naturais, que eleva os preços dos insumos, fazendo com que sistemas construtivos desmontáveis e reaproveitáveis tenham um viés econômico decisivo no momento da escolha do método construtivo adotado. Além das preocupações ambientais e econômicas a melhora na imagem e o aumento da competitividade fazem com que empresas busquem certificações de seus sistemas de gestão ambiental.

Em 2012 sofreu revisão a NBR 16001, baseada na ISO 26000 e que trata da metodologia para certificação em Responsabilidade Social (ASSOCIAÇÃO..., 2012). De acordo com a NBR 16001 a definição de Responsabilidade Social é:

*“Responsabilidade de uma organização pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente, por meio de um comportamento ético e transparente que:*

- *Contribua para o desenvolvimento sustentável, inclusive a saúde e o bem estar da sociedade;*
- *leve em consideração as expectativas das partes interessadas;*
- *esteja em conformidade com a legislação aplicável e seja consistente com as normas internacionais de comportamento, e*
- *esteja integrada em toda a organização e seja praticada em suas relações.”*

Deste modo, empresas comprometidas com a sociedade e que buscam um aprimoramento de sua política de responsabilidade social devem sempre prezar pela adoção de métodos construtivos que contribuam com o desenvolvimento sustentável. Atualmente poucas empresas possuem certificação pela NBR 16001, sendo cerca de apenas 20. No entanto, em torno de 40% das empresas certificadas são do ramo de engenharia, construção e/ou projetos (INMETRO, 2012).

Ainda em relação à responsabilidade social existe a certificação internacional SA8000 (SOCIAL..., 2008), tendo como principal enfoque a organização e os seus colaboradores. Esta norma destina-se a qualquer organização que pretenda, voluntariamente, garantir os mais elevados parâmetros éticos associados aos seus processos de negócio. A certificação de um sistema de gestão de responsabilidade social, de acordo com o referencial SA 8000 surge como uma forma das organizações demonstrarem aos seus clientes, parceiros e comunidade em geral, que atuam no mercado de forma sustentável, valorizando a sua dimensão social, respeitando a comunidade. A SA 8000 baseia-se num conjunto de convenções da OIT e das Nações Unidas sendo a certificação suportada no cumprimento de oito requisitos centrados na responsabilidade social:

- Trabalho Infantil;
- Trabalho Forçado;
- Segurança e Saúde no Trabalho;
- Discriminação;
- Práticas Disciplinadas;
- Liberdade de Associação e Direito à Negociação Coletiva;
- Horário de Trabalho;
- Salário.

complementados por um conjunto de requisitos de gestão que conferem a sistematização e permitem a melhoria contínua, associadas às premissas do Ciclo de Deming – PDCA - Planejar, Executar, Verificar e Atuar.

Com relação aos requisitos técnicos das edificações merece destaque a Norma de Desempenho NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO..., 2012). Ela aponta o desempenho mínimo exigido dos sistemas estruturais, dos pisos, das vedações, das coberturas e dos sistemas hidro-sanitários das novas edificações residenciais. A norma orienta a concepção e execução de novos empreendimentos, além do desenvolvimento tecnológico de novos sistemas construtivos.

Por exemplo, para o caso do conforto térmico, a NBR 15575 apresenta os critérios e requisitos quanto aos níveis mínimos de desempenho térmico das edificações, particularmente das vedações externas e cobertura. Para a avaliação do desempenho a norma permite um procedimento simplificado de análise, conforme critérios da NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações (ASSOCIAÇÃO ...,



2003) – e adicionalmente, se necessário, simulações computacionais, ou por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

Já para o desempenho lumínico a NBR 15575, quanto ao requisito de iluminância natural, estabelece critérios de iluminância natural mínima e fator de luz diurna (FLD) mínimo, conforme as tabelas abaixo. O Fator de Luz Diurna – FLD é dado pela relação entre a iluminância interna e a iluminância externa à sombra.

Tabela 1: Valores mínimos obrigatórios para nível de iluminância geral para iluminação natural.

<b>Dependência</b>	<b>Iluminância geral (lux) para o nível mínimo de desempenho M</b>
Sala de estar; Dormitório; Copa/cozinha; Área de serviço.	$\geq 60$
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos	Não exigido

(Fonte: adaptado da NBR 15575-1:2012)

Tabela 2: Valores mínimos obrigatórios para o fator de luz diurna para os diferentes ambientes da edificação.

<b>Dependência</b>	<b>FLD (%) para o nível mínimo de desempenho M</b>
Sala de estar; Dormitório; Copa/cozinha; Área de serviço.	$\geq 50\%$
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos	Não exigido

(Fonte: adaptado da NBR 15575-1:2012)

Outra importante recomendação da NBR 15575 diz respeito à utilização e reuso da água. Em seu texto a NBR recomenda “para as instalações hidrossanitárias privilegiarem a adoção de soluções, caso a caso, que minimizem o consumo de água e possibilitem o reuso, reduzindo a demanda da água da rede pública de abastecimento e minimizando o volume de esgoto conduzido para

tratamento, sem com isso reduzir a satisfação do usuário ou aumentar a probabilidade de ocorrência de doenças.”

Quanto ao consumo de energia a mesma norma recomenda que “as instalações elétricas devem privilegiar a adoção de soluções, caso a caso, que minimizem o consumo de energia, entre elas a utilização de iluminação e ventilação natural e de sistemas de aquecimento baseados em energia alternativa”.

## **2.2 Logística reversa na construção civil**

Segundo Leite (2009) a logística reversa pode ser definida como:

*a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros. (LEITE, 2009, p. 17).*

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei no. 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010) introduziu em nossa legislação ambiental os conceitos de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e da logística reversa.

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o "conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei." Baseado no conceito de responsabilidade compartilhada a sociedade como um todo – cidadãos, governos, setor privado e sociedade civil organizada – passou a ser responsável pela gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. (MINISTÉRIO..., 2010)

A logística reversa é "instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a

viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação”.

Inicialmente as cinco cadeias identificadas como prioritárias pelo Comitê Orientador para Implementação de Sistemas de Logística Reversa, presidido pelo Ministério do Meio Ambiente, não incluem a construção civil, sendo: descarte de medicamentos; embalagens em geral; embalagens de óleos lubrificantes e seus resíduos; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, e eletroeletrônicos.

No entanto, a busca por um sistema logístico reverso visando reduzir desperdícios e o uso pouco racional e não sustentável dos insumos vem crescendo na construção civil, principalmente através da reciclagem e do reaproveitamento dos resíduos de demolição e dos resíduos originados na construção (RAMOS, VALE, 2013). As preocupações com a sustentabilidade além de serem requisitos legais são vistas como diferenciais competitivos perante os clientes. Marcondes e Cardoso (2005) reiteram a relevância do estudo da logística reversa aplicado à construção civil em virtude de “os processos industriais da cadeia produtiva da Construção Civil gerarem resíduos industriais de características diversas e em alto volume e massa, os quais causam expressivos impactos ambientais”. Contudo, afirmam que as atividades de logística reversa já existentes na cadeia da construção constituem-se em iniciativas isoladas sem o grau de organização necessário para serem reproduzidas e ampliadas. Por esse motivo, a logística reversa na construção civil é um grande campo a ser estudado e ainda tem muito a avançar.

Uma importante ferramenta na aplicação da logística reversa na construção civil é a chamada construção industrializada. Consiste em um processo que se utiliza de um elevado grau de pré-fabricação na produção de unidades ou componentes padronizados, a fim de acelerar a construção e montagem de uma obra (CHING, 2003). Neste contexto, o *projeto modular* é “um método que se utiliza de módulos pré-fabricados ou de coordenação modular, com vistas à facilidade de montagem, à flexibilidade de arranjos e à variedade de aplicações” (CHING, 2003). A coordenação modular, por sua vez, “é considerada atualmente um dos pilares para se industrializar a construção, processo que transforma a tarefa de construir em uma atividade de montagem” (MAYOR, 2012). A técnica permite o uso de kits e de

componentes que são montados com maior facilidade em projetos de volume de construção, como é o caso da habitação popular convencional,, podendo simplificar e baratear a execução de projetos nos canteiros de obras.

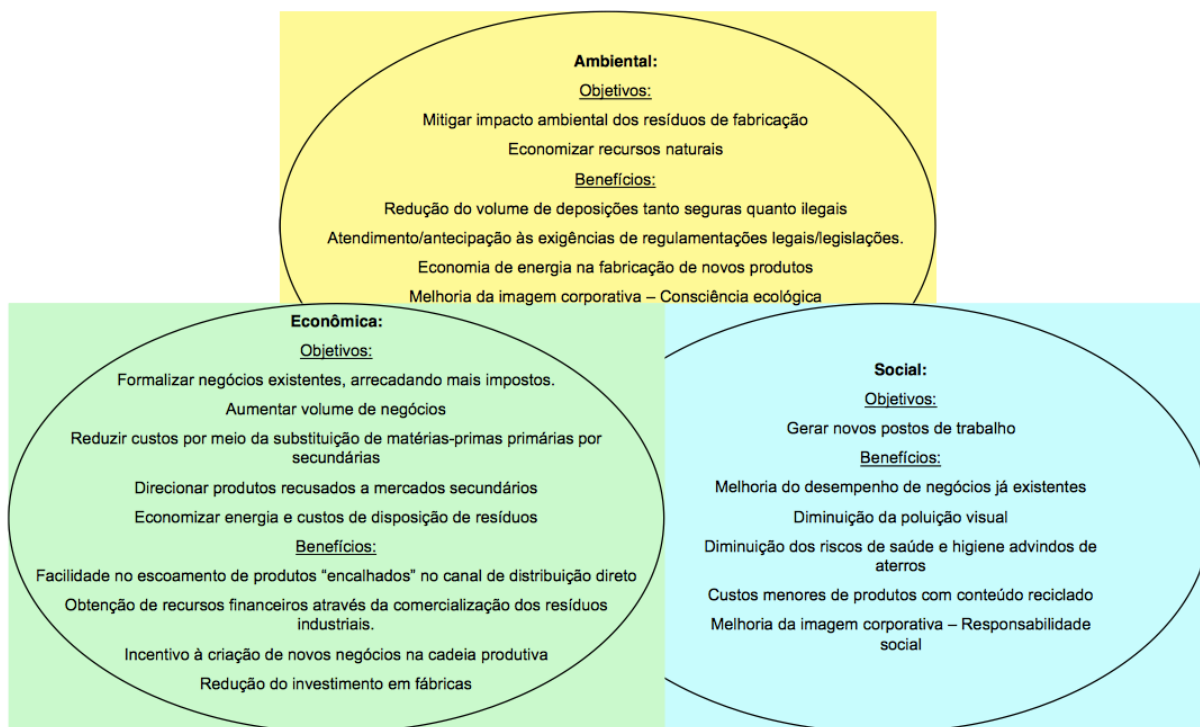


Figura 1: Papel da logística reversa dentro da cadeia produtiva da Construção Civil sob o ponto de vista da sustentabilidade (Fonte: MARCONDES, CARDOSO, 2005).

### 2.2.1 Modularidade

Segundo Mayor (2012), a modulação contribui para a racionalização do processo construtivo, pois garante flexibilidade de combinação de elementos, além de contribuir para uma precisão maior na definição e alcance de medidas. Também contribui para o aumento da repetição de componentes e para a produção em série, já que, ao fixar uma medida básica da qual as demais devem ser múltiplos ou mesmo submúltiplos, limita as variações dimensionais para um mesmo elemento construtivo.

A construção modular é a que melhor permite a desconstrução, de modo a reduzir desperdícios e geração de resíduos, permitindo o reaproveitamento de materiais, vindo de encontro ao conceito de logística reversa e às atuais exigências ambientais.

### **2.3 Sustentabilidade e a construção civil**

O setor da construção civil é “responsável por uma parcela significativa do consumo dos recursos naturais, incluindo energia e água, além de ser um dos maiores responsáveis pela geração de resíduos sólidos e pela emissão de gases de efeito estufa” (AGOPYAN; JOHN; GOLDEMBERG; 2011, p.9). Além disso, “o impacto ambiental da Construção Civil depende de toda uma enorme cadeia produtiva: extração de matérias-primas; produção e transporte de materiais e componentes; concepção e projetos; execução (construção), práticas de uso e manutenção e, ao final da vida útil, a demolição/desmontagem, além da destinação de resíduos gerados ao longo da vida útil” (AGOPYAN; JOHN; GOLDEMBERG; 2011, p.14). Nos grandes centros urbanos a disponibilidade de areia e agregados naturais começa a ficar escassa, também devido ao crescente controle ambiental. A construção civil também é responsável pelo consumo de cerca de 2/3 da madeira natural extraída, e grande parte das florestas não são manejadas adequadamente (LACERDA, 2010, p.3), havendo grande quantidade de madeira ilegal no mercado.

De acordo com Freire e Beraldo (2003, p.41) “um dos mais importantes resíduos sólidos municipais é o resíduo de construção e demolição, cujo gerenciamento é muito difícil e oneroso.” Nos Estados Unidos e Europa a reciclagem de entulho gerando agregados para a construção civil é amplamente utilizada, produzindo agregados de qualidade comparável aos naturais. Nos Estados Unidos há mais de trinta anos agregados artificiais são utilizados em base e sub-base de pavimentos, além do reaproveitamento de madeira e compensados. Segundo Philippi Jr, Roméro e Bruna (2004) na Dinamarca os agregados naturais custam cerca de 50% a mais que os reciclados, favorecendo a reciclagem de entulho. No Brasil o entulho proveniente de demolições contém principalmente concreto, brita e materiais cerâmicos, na maioria das vezes totalmente misturados, devido à falta de cultura de reciclagem. No início da década de 90 a Prefeitura Municipal de São Paulo construiu uma usina de reciclagem na antiga Pedreira Itatinga, onde blocos de concreto e agregados para pavimentação foram feitos com entulho processado, utilizados nas próprias obras da Prefeitura. O custo estimado dos blocos de concreto seria 70% inferior ao dos convencionais. Com a usina a Prefeitura economiza nos custos de disposição de entulho e na aquisição de agregados para suas obras,

tornando a instalação lucrativa. Afirma-se que a instalação de britagem foi paga em cinco meses de operação (PHILIPPI JR; ROMÉRO; BRUNA, 2004, p.209).

Ceotto (2008) afirma que todo empreendimento sustentável contempla as seguintes fases:

- Idealização
- Concepção e Projeto
- Construção
- Uso e Operação
- Desconstrução/Demolição

No caso das edificações provisórias a última fase, da desconstrução/demolição deve ser ainda mais repensada, no sentido de que a desconstrução pode ser considerada como a desmontagem com a finalidade de reaproveitar materiais e componentes para reuso e reciclagem, enquanto a demolição acarreta a mistura de diversos materiais, aumento do volume e contaminação. No entanto, se a construção não for concebida desde sua idealização e projeto para ser desmontada ao final da vida útil o processo de desconstrução fica praticamente inviável.

Segundo Lacerda (2010, p.4) “o empreendimento sustentável pode reduzir em até 30% o consumo de energia, 50% o consumo de água, 35% das emissões de CO<sub>2</sub> e 60% o descarte de resíduos”. Atualmente é grande a pressão sobre as empresas da indústria da construção no Brasil para atuarem de acordo com os princípios da sustentabilidade. Existem diversas referencias com indicadores de sustentabilidade de empreendimentos (Tabela 1). Entre as certificações ambientais mais conhecidas desenvolvidas no âmbito privado estão o LEED, do Green Building Council Brasil; o selo AQUA, da Fundação Vanzolini; o BREEAM, da BRE; e o DNGB, do Conselho Alemão de Construção Sustentável. O setor público também busca construir suas próprias certificações, como a Etiqueta Procel Edifica, da Eletrobrás; o selo Casa Azul, da Caixa Econômica Federal; e a Certificação Ambiental de Empreendimentos, da Prefeitura de Belo Horizonte, dentre outros. Com suas diferentes metodologias, cada um desses selos traz oportunidades de aprendizado para empresas.

Tabela 3: Exemplos de referências em construção sustentável

Referências em Construção Sustentável
Eletronbras: Etiqueta Procel Edifica
Caixa: Selo Casa Azul
Prefeitura de Belo Horizonte: Selo BH Sustentável
ABNT: NBR 15575 - Norma de Desempenho
Green Building Council Brasil: Selo LEED
Fundação Vanzolini: Selo AQUA
Banco Santander: Selo Obra Sustentável

(Fonte: Guia CBIC de Boas Práticas em Sustentabilidade na Indústria da Construção, 2012)

## 2.4 Compras Públicas Sustentáveis - CPS

Produto sustentável é aquele que apresenta o melhor desempenho ambiental ao longo de seu ciclo de vida, com função, qualidade e nível de satisfação igual ou melhor, se comparado com um produto-padrão. (MINISTÉRIO..., 2010). Na prática, nem sempre é fácil adotar tais critérios ao se adquirir um produto, e uma das barreiras mais comuns é a falta de informação e de experiência do consumidor para fazer a comparação das características de um produto específico. Sob a perspectiva da sustentabilidade, materiais e resíduos devem ser tratados conjuntamente, uma vez que a correta seleção e utilização de materiais reduzem a geração de resíduos e os impactos por ela ocasionados.

Durante muitos anos os atores governamentais e autoridades públicas não consideravam o impacto nem o valor intrínseco dos produtos que compravam, dos serviços que contratavam nem o das obras que empreendiam. Porém, com o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável no contexto mundial, observa-se a tendência de gerar políticas que levem em conta os aspectos ambientais que geralmente comprometem também os aspectos sociais e econômicos (MINISTÉRIO..., 2010).

O engajamento do governo no processo de estímulo a melhoria do desempenho sustentável é de fundamental importância, principalmente através de políticas de incentivo fiscais, financeiras ou creditícias, e também na contratação de

projetos e obras aliados aos conceitos de sustentabilidade em seus editais públicos. As compras governamentais, que no Brasil movimentam recursos estimados em 10% do PIB, mobilizam setores importantes da economia que se ajustam às demandas previstas nos editais de licitação. Nesse sentido, “é enorme a responsabilidade do gestor público encarregado de definir as regras do jogo para assegurar a livre-concorrência, sem perder de vista o interesse do governante em dispor do melhor produto/serviço, pelo menor preço” (BIDERMAN et al., 2008).

De acordo com o artigo 42 da Lei 12.305 (BRASIL, 2010) o poder público poderá instituir medidas que incentivem prioritariamente iniciativas de prevenção e redução da geração de resíduos sólidos, desenvolvimento de produtos com menores impactos, estruturação de sistemas de coleta seletiva e de logística reversa, entre outras. O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA, por exemplo, instituído em 2003 pela ELETROBRAS em conjunto com o Ministério de Minas e Energia e o Ministério das Cidades, incentiva ações de conservação e uso eficiente de recursos naturais (água, luz, ventilação, etc.) nas edificações, reduzindo desperdícios e impactos ambientais (MINISTÉRIO..., 2003).

As questões socioambientais estão ganhando força como condicionantes para que empresas possam atuar em programas governamentais, como os de infraestrutura e habitação por exemplo. Essa pressão vem por meio de legislações ou por imposição de empresas públicas (ex.: BNDES, Caixa Econômica Federal etc.). Merecem destaque também as organizações que estão dedicadas à promoção da sustentabilidade no setor da Construção, como o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) que, desde 2007, reúne professores, pesquisadores e empresas para “induzir o setor da Construção a utilizar práticas mais sustentáveis que venham melhorar a qualidade de vida dos usuários, dos trabalhadores e do ambiente que cerca as edificações” (TELLO, 2012, p. 26).

As compras públicas sustentáveis (CPS) são uma solução para integrar considerações ambientais e sociais em todas as fases do processo de compra e contratação de governos, visando reduzir impactos sobre a saúde humana, o meio ambiente e os direitos humanos (MINISTÉRIO..., 2010). As aquisições públicas podem auxiliar na criação de um grande mercado para negócios sustentáveis, aumentando as margens de lucro dos produtores através de economias de escala, e



reduzindo seus riscos. Ao contrário do que se pressupõe as compras públicas sustentáveis não são mais caras; pelo contrário, ao priorizarem eficiência e redução de desperdício, resultam em economias para o consumidor.

No momento em que um determinado órgão público, de qualquer esfera do governo, elabora um edital, exigindo critérios de sustentabilidade, esta atitude impacta de duas maneiras: (i) o estado passa a comprar produtos sustentáveis, atuando como um consumidor comum que faz compras e (ii) sinaliza para o mercado que o seu foco de compras mudou de produtos tradicionais para produtos menos agressivos ao meio ambiente, e/ou produtos que levam em consideração os direitos humanos e sociais. Esta última consequência irá refletir nos setores produtivos. Segundo a maioria das experiências internacionais, o mecanismo mais simples para poder iniciar um processo de compras públicas sustentáveis é por meio da inserção dos critérios de sustentabilidade na definição do produto. As compras públicas sustentáveis devem seguir procedimentos de contratação e aquisição claros, objetivos e devidamente justificados.

O Ministério do Meio Ambiente estuda encaminhar proposta de alteração da Lei de Licitações ao Congresso (Lei no 8.666), para inclusão de critérios de sustentabilidade ambiental nas contratações públicas. O ministério trabalha com a agenda ambiental pública desde 1999, quando instituiu a agenda ambiental na administração pública (A3P), que estimula o governo federal a incluir critérios ambientais nas licitações. Nesse esforço criou um banco de dados de empresas ecoeficientes para suprir eventuais partes interessadas do governo.

## ***2.5 Métodos construtivos para edificações provisórias***

Em obras de grande porte e longa duração, especialmente industriais, as edificações provisórias que compõem o canteiro de obras possuem projeto detalhado. Áreas de apoio técnico administrativas (escritórios, recepção, salas de treinamento e reuniões, etc.), áreas de vivência (cozinha, refeitório, instalações sanitárias, vestiário, etc.), centrais de montagem, estoques, almoxarifados, etc., são como uma pequena vila. Sendo assim, é na fase de concepção de projeto que deve ser pensada a solução construtiva a se adotar para tais edificações, de modo a possibilitar sua desconstrução ou reaproveitamento ao final da obra. Conforme

afirma Rosso (1980, p.73) “planejar não significa apenas identificar cada uma das fases e fracioná-las”. Significa antecipá-las e defini-las para que haja domínio sobre elas. Ainda segundo Rosso (1980, p.159) o custo de implantação do canteiro representa em torno de 5 a 7% do valor total da obra.

A modernização da Construção Civil admite uma diversidade muito grande de materiais e técnicas, que devem ser adotados após uma cuidadosa análise de sua adequação tecnológica, econômica e, agora também, ambiental e social.

Ainda na primeira metade do século XX o arquiteto francês Jean Prouvé aplicou com maestria os conceitos da pré-fabricação, flexibilidade e mobilidade, criando projetos de casas desmontáveis em resposta à necessidade de habitações acessíveis produzidas em massa na França do pós-guerra (TOMÁS, 2014). Em 1944-1945, após a incorporação minuciosa dos métodos de construção da habitação familiar de Prouvé, uma série de casas desmontáveis 8x8 foram produzidas, feitas inteiramente de madeira e metal. A estrutura de suporte era construída inteiramente por chapas de aço dobradas, assim como as vigas do piso e do telhado. A peças pré-fabricadas eram enviadas diretamente para os locais devastados por bombardeios, onde eram montadas em um dia por apenas duas pessoas (Figura 2).





Figura 2: Casa desmontável 6x9m, 1944, Metal e madeira. Fonte: Galerie Patrick Seguin. Disponível em <<http://www.patrickseguin.com>>. Acesso em 22 fev. 2014.

Prouvé desenvolveu uma filosofia construtiva baseada na funcionalidade e na produção eficiente. Sistemas de montagem inteligentes para estruturas resistentes permitiam que a construção fosse facilmente desmontada, movida e modificada. Métodos como o de Prouvé incorporam perfeitamente o conceito que se busca hoje na construção de edificações provisórias.

A seguir apresenta-se alguns métodos construtivos utilizados para as construções provisórias e algumas soluções inovadoras que estão surgindo no mercado, visando a redução da geração de resíduos na desmobilização do canteiro de obras.

### **2.5.1 Alvenaria Estrutural de Blocos**

A construção de edificações em alvenaria convencional (geralmente estrutura de concreto pré-moldada com alvenaria de vedação) ou alvenaria estrutural de blocos é frequentemente utilizada para as edificações provisórias dos canteiros de obra de longa duração.

Na alvenaria estrutural elementos como vigas e pilares são desnecessários, pois as paredes - chamadas portantes - distribuem a carga uniformemente ao longo da fundação. Para erguê-las, é preciso usar blocos especiais, mais resistentes que as tradicionais peças de vedação. Podem ser adotados diversos tipos de blocos, tais como de concreto, cerâmicos, sílico-calcários, concreto celular ou de solo-cimento. A utilização de alvenaria estrutural diminui significativamente o custo da obra e o

tempo de execução, características fundamentais no caso das edificações provisórias. Depois de erguidas tais alvenarias dispensam a aplicação de rebocos e massas, estando prontas para receber pinturas de revestimento.

Contudo, ao fim de sua utilização, as construções provisórias feitas tanto com alvenaria estrutural como convencional são demolidas, gerando uma quantidade enorme de entulho não segregado (blocos, cerâmica, perfis metálicos). Pouco ou nenhum material é reaproveitado, como telhas e esquadrias. A desconstrução ou relocação tornam-se inviáveis com a adoção desse método.



Figura 3: Canteiro de obras sendo construído em alvenaria de blocos de concreto celular estruturados com perfis metálicos. Fonte: A autora, 2009.



Figura 4: Estrutura de concreto pré-moldado com alvenaria de vedação de blocos de concreto sendo demolida. Fonte: A Autora, 2012.

### 2.5.2 Argamassa Armada

No início dos anos de 1960 foi introduzida no Brasil por Dante A. O. Martinelli e Frederico Schiel na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo a tecnologia da argamassa armada. A utilização de malha de ferro difusa e alto teor de cimento na argamassa permitem a produção de peças com apenas 2 cm de espessura. “As peças podem ser densamente armadas, para um alto desempenho, ou pouco armadas, para um desempenho apenas suficiente; protendidas ou não, pré-moldadas ou não”(HANAI, 1992, p.76)

A partir do conhecimento acerca das potencialidades desse sistema construtivo o arquiteto João da Gama Figueiras Lima, o Lelé, desenvolveu o projeto das Escolas Transitórias em zonas rurais de Abadiânia, Goiás, município de 12 mil habitantes, localizado a 100 km de Brasília. Os edifícios escolares foram executados com um sistema simples de industrialização em argamassa armada, caracterizado por unidades construtivas totalmente desmontáveis, extensíveis e flexíveis (**Figura 5**). Esses modelos foram concebidos de forma bastante didática para que as próprias

comunidades pudessem erguê-los por autoconstrução, sem mão-de-obra especializada ou mesmo o emprego de maquinários durante a etapa de montagem. O primeiro protótipo, com área coberta de 285 m<sup>2</sup> foi concluído em 45 dias, incluindo-se nesse prazo a produção e a montagem (HANAI, 1992, p.168), e com custos finais bastante inferiores aos de soluções tradicionais.

Em 1984 Lelé foi convidado pelo governador Leonel Brizola para fundar a Fábrica de Escolas do Rio de Janeiro. Em dois anos foram produzidas mais de duzentas escolas, creches e casas comunitárias utilizando peças pré-moldadas e um sistema de montagem altamente racionalizado. Embora utilizassem o mesmo sistema construtivo, os mesmo elementos pré-moldados e igual processo de construção, cada edifício escolar materializava-se com tamanhos e disposições diferenciadas em função das exigências da comunidade e da desordenada estrutura físico-espacial das áreas faveladas (GUIMARÃES, 2009).

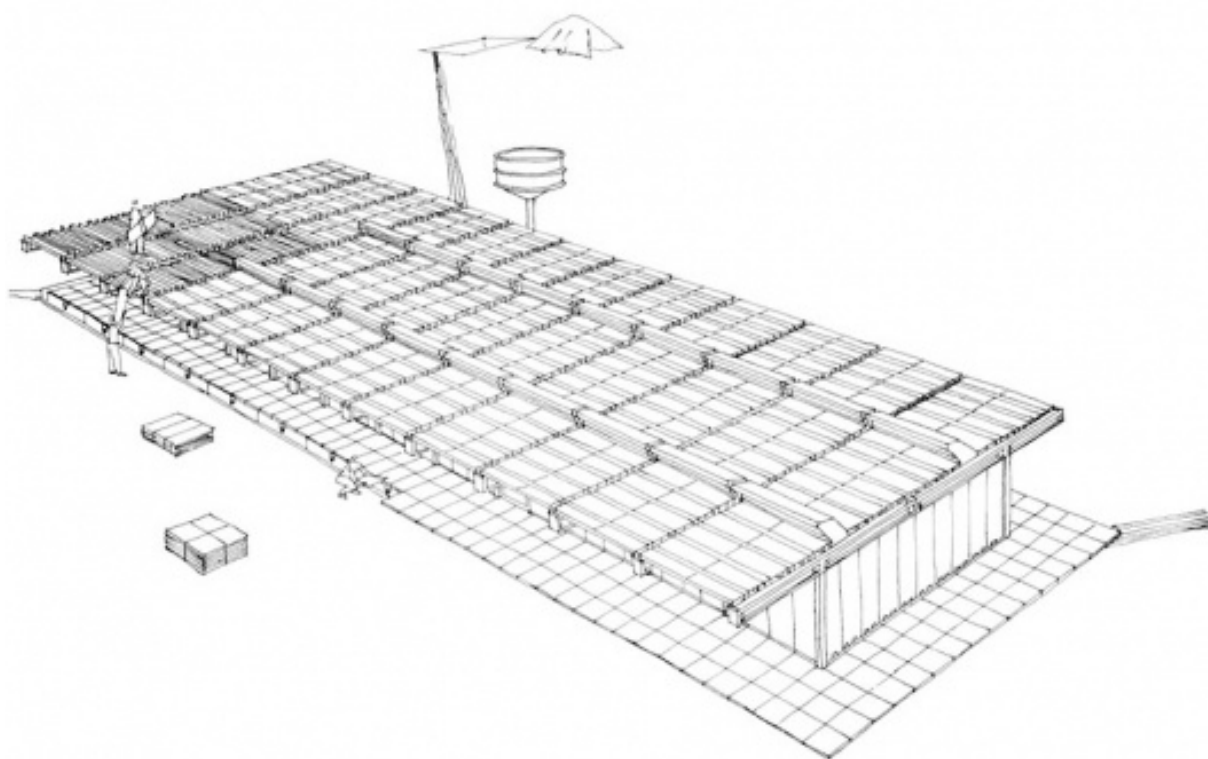


Figura 5: Escola rural para 50 alunos, esquema de montagem, Abadiânia GO. Desenho João Filgueiras Lima (EKERMAN, 2013)

O modelo em argamassa armada oferece as seguintes vantagens:

- Controle do conforto ambiental através de sistemas construtivos específicos mais elaborados;
- Resistência e durabilidade;
- Baixíssimo custo de manutenção;
- Menor incidência de produtos provenientes dos grandes centros industriais (com conseqüente emprego de material-prima e mão-de-obra locais);
- Utilização em maior escala de mão-de-obra não qualificada, o que facilita a participação de mão-de-obra a nível local no caso de obras em locais distantes;
- Rapidez de execução;
- Baixo peso dos elementos, permitindo a montagem manual e o transporte a locais de difícil acesso;
- Possibilidade de pré-moldagem em larga escala;
- Possibilidade de desenho de peças de formas complexas e de alta precisão nas dimensões;
- Redução das atividades de acabamento no local da implantação;
- Boa resposta do material aos requisitos de resistência, deformabilidade, durabilidade, aspecto plástico, etc.;
- Custo inferior.

A tecnologia da argamassa armada é boa e tem grande potencial de aplicação, mas não tem sido bem explicada e adequadamente explorada. O potencial da argamassa armada, e os fundamentos tecnológicos para projeto e execução são amplamente discutidos por Hanai (1992). A experiência das escolas do arquiteto João Filgueiras Lima mostra que é possível a utilização de argamassa armada para a construção de edificações desmontáveis, duráveis, de ótima qualidade e sem onerar o empreendedor. Hanai (1992, p.167) afirma que é possível instalar fábricas de pré-moldados de argamassa armada com investimentos imobilizados relativamente baixos e utilização de mão-de-obra local, podendo-se oferecer produtos de excelente qualidade técnica e custo competitivo, especialmente caso a obra se desenvolva longe dos grandes centros. No entanto, a argamassa armada no Brasil ainda encontra-se num estágio de disseminação muito precário, o que a torna muito dependente de um pequeno número de profissionais habilitados e

grupos de pesquisa consolidados. A despeito das obras conduzidas por João Filgueiras Lima não existe ainda um significativo volume de obras que possa caracterizar o domínio da tecnologia em nível nacional.



Figura 6: Escola do centro administrativo da Bahia. Fonte: Hanai, 1992.

### 2.5.3 Locação de Contêineres

Uma solução frequentemente adotada para a implantação de instalações provisórias é o uso de contêineres alugados. Atualmente existe uma diversidade muito grande de módulos habitáveis, dos mais simples aos mais sofisticados, com contêineres próprios para escritórios, sanitários, copa, etc.. Os módulos possuem normalmente 2,40 x 6,00 m, com pé direito de 2,70 m, porém é possível agrupar vários módulos de contêineres criando espaços amplos, com janelas, revestimento de pisos, paredes e teto, iluminação embutida no teto, proteção térmica e acústica, e pintura externa (Figura 7, Figura 8 e Figura 9).





Figura 7: Módulos para escritório. Fonte: Agisa Containers (AGISA, 2014).



Figura 8: Módulos para escritório. Fonte: Delta Containers (DELTA, 2014).

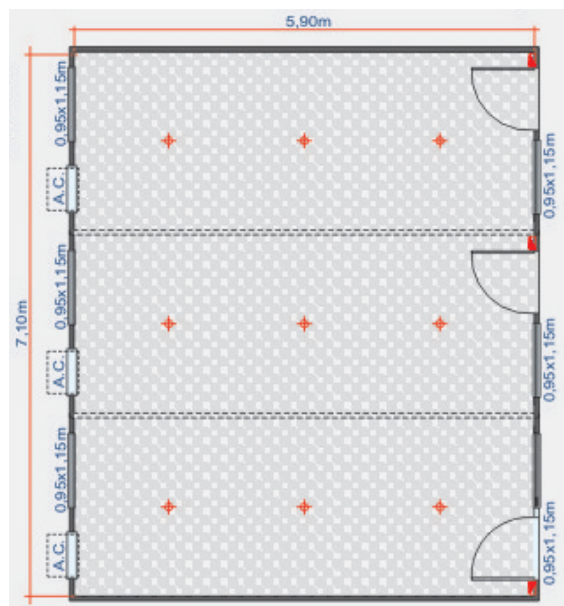


Figura 9: Planta de módulos conjugados de contêineres. Fonte: Afa Locações (AFA, 2014).

Os contêineres apresentam as seguintes vantagens:

- diversidade de módulos e tamanhos;
- desenvolvimento de projetos especiais conforme necessidade;
- transporte através de caminhão “munck” ou plataforma;
- total reaproveitamento e relocação ao final da utilização, com geração de quase nenhum resíduo.

Uma desvantagem é a relação dos contêineres com o clima. Por serem caixas metálicas eles esquentam muito no calor e ficam muito gelados no frio, havendo sempre para finalidade de ocupação humana a necessidade de isolamento térmico e instalação de equipamentos de ar-condicionado, gerando com isso alto consumo energético. Além disso os custos de locação são bastante elevados. O custo de locação pode variar de R\$ 500 até R\$ 3 mil por mês por módulo. O custo de aquisição varia de R\$ 15 mil a R\$ 25 mil por módulo.

#### **2.5.4 Método CANTEIRO - Construção em madeira desmontável**

A empresa paulista Canteiro, sediada no município de Santa Isabel, desenvolveu um método construtivo modular que utiliza painéis autoportantes de madeira tipo Pinus com chapas planas de OSB ou MDF para o revestimento interno (paredes duplas). A cobertura também é executada em tesouras autoportantes, pré-fabricadas com elementos modulados, chegando ao local da obra prontas para a instalação, num método semelhante ao desenvolvido por Prévot na década de 1940.

O sistema comercializado pela Canteiro pode ser totalmente desmontado, transportado e remontado diversas vezes, com rapidez e baixo custo. “Visando eliminação de desperdício a Canteiro trabalha com o conceito de ‘Logística Reversa’, que consiste no reaproveitamento integral de suas edificações racionalizadas, ajudando na redução do desmatamento e dando vida longa ao produto”(CANTEIRO, 2014).

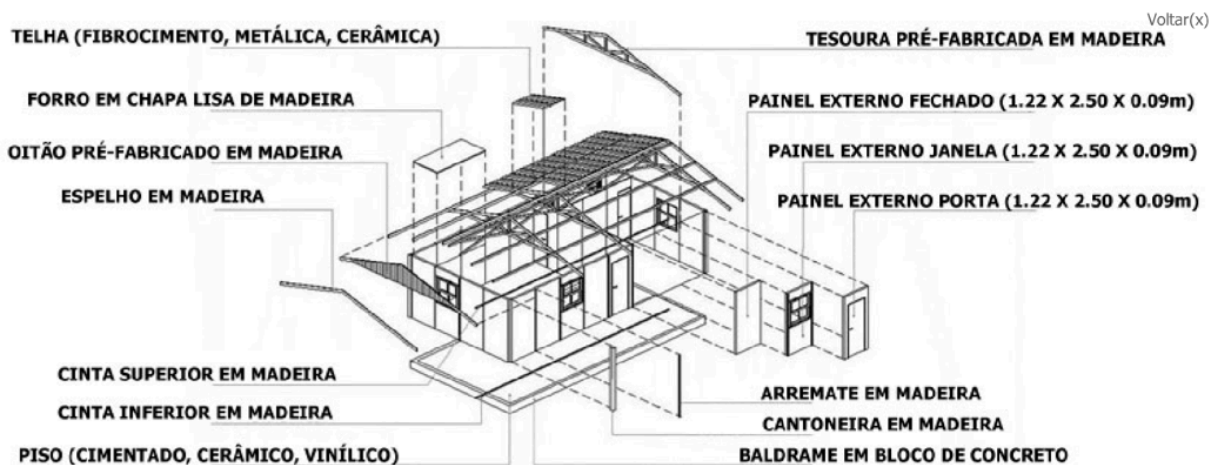


Figura 10: Sistema construtivo modular da empresa Canteiro. Fonte: (CANTEIRO, 2014)



Figura 11: Edificações construídas com o sistema da empresa Canteiro. Fonte: (CANTEIRO, 2014)

### 2.5.5 Método SUSTENTABIL – Sistema Construtivo Carbono Zero

A empresa paranaense Sustentabil, sediada em Curitiba, desenvolveu o primeiro sistema construtivo carbono zero do mercado brasileiro. Do “inventário das emissões de GEE Gases de Efeito Estufa (que aumentam a temperatura do planeta) desde a extração de recursos naturais até o uso da habitação - passando pelo beneficiamento da matéria-prima, logística de transporte, montagem dos módulos no canteiro de obras e mecanismos de neutralização de CO<sub>2</sub> como o plantio de árvores para florestamento e MDLs (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo) documentados desde a origem - o resultado líquido final da conta tem de ser igual a Zero/ano” (SUSTENTABIL, 2014).

O sistema, modular, consiste em uma base estrutural composta de molduras (Steel Frame e LSF) em aço (mais ecológico que concreto e 100% reciclável) e

fechamento em chapas cimento-madeira (reaproveitamento de fibras vegetais) ou placa mineral ecológica e fechamento interno em drywall.

Dentre as vantagens do sistema destacam-se:

- Construção à seco;
- Zero resíduo;
- 90% da montagem executada em fábrica;
- Velocidade de construção (conclusão em 1/3 do tempo da construção tradicional);
- Transporte fácil;
- Preço competitivo;
- Sistema modular;
- Conforto térmico devido a utilização de paredes duplas.



Figura 12: Modelos tridimensionais do sistema da empresa Sustentabil. Fonte: (SUSTENTABIL, 2014).

Através de um Acordo de Cooperação Técnica, a SUSTENTÁBIL está desenvolvendo 02 protótipos (Figura 13) e a UTFPR os testes para pré-avaliar o desempenho de edificações habitacionais objetivando validar o sistema modular carbono zero de acordo com a NBR 15.575:2013. Paralelamente, o sistema construtivo será submetido à uma Instituição Técnica de Avaliação para homologação, a fim de obter-se o Documento de Aprovação Técnica - DATEC.

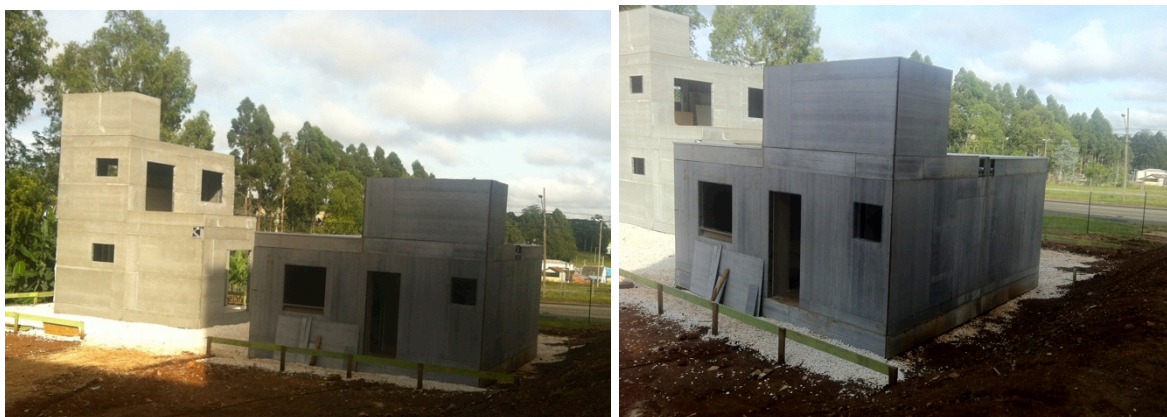


Figura 13: Protótipos Sustentabil. Fonte: (A Autora, 2014)

### 2.5.6 Método QUICKHOUSE – Construção em aço desmontável

A empresa gaúcha Quick House, sediada no município de Canoas, desenvolveu um sistema construtivo industrializado que consiste no uso de paredes de chapas de aço galvanizadas, auto-portantes, com capacidade de suportar estruturas de coberturas e até mesmo outro pavimento (QUICKHOUSE, 2014). Além das chapas de aço das paredes, o acabamento interno é feito em placas de gesso acartonado, com pintura ou colocação de papel de parede. As paredes externas são isoladas com manta de lã de vidro, para permitir melhores condições termo-acústicas, sendo revestidas externamente com lâminas de vinil "siding" ou placas cimentícias. A estrutura de cobertura é executada com perfis metálicos e cobertas com telhas tipo "shingles". O forro é executado com gesso acartonado e isolado com lã de vidro. As esquadrias externas podem ser de madeira, alumínio, PVC ou outro produto, dependendo da escolha do cliente.

Dentre as vantagens do sistema destacam-se:

- Rapidez de execução;
- Conforto térmico;
- Possibilidade de remoção da obra para outro local, praticamente sem perdas (construção desmontável com reaproveitamento total em outro local);
- Durabilidade dos materiais empregados;
- Cobertura totalmente impermeável, resistente a ventos fortes e granizo;

- Transporte fácil;
- Montagem rápida;
- Obra limpa e organizada;
- Estrutura leve e robusta;
- Baixo custo em manutenção;



Figura 14: Loja da rede McDonalds construída com o sistema Quick House. Fonte: Quick House (QUICKHOUSE, 2014).



Figura 15: Stand de vendas construído com o sistema Quick House. Fonte: Quick House (QUICKHOUSE, 2014).

## **2.6 Métodos Multicriteriais de Tomada de Decisão**

Considerando-se a gama de opções construtivas, como as mostradas no item 2.5, os gestores precisam de critérios para escolher qual a melhor opção para sua necessidade. Segundo Schramm e Morais (2008) historicamente os responsáveis pelas decisões de compras acreditavam que as competências a serem desenvolvidas estavam apenas relacionadas com o poder de barganha, no que se refere aos preços praticados no mercado pelos fornecedores. Por esse motivo, os gestores não desenvolviam o conhecimento sobre as oportunidades e ameaças e nem sobre os pontos fortes e fracos que cercavam o negócio para o qual estavam trabalhando, fazendo com que eles não conseguissem determinar e transmitir as necessidades internas da empresa e as de seus clientes para os canais de aquisição (fornecedores imediatos da empresa), atribuindo assim maior importância a um único elemento do conjunto de critérios relevantes para o processo de seleção de fornecedores, o qual estava relacionado simplesmente ao objetivo de desempenho custo.

Os gestores necessitam de mecanismos capazes de auxiliá-los na tomada de decisão, os quais permitam inclusive transmitir de maneira lógica e estruturada os critérios envolvidos no processo de seleção e avaliação dos seus fornecedores. As ferramentas e técnicas desenvolvidas com o propósito de auxiliar nesse processo de tomada de decisão são denominadas de métodos multicritério de apoio a decisão.

“A tomada de decisão – a seleção efetiva dentre alternativas a um curso de ação – é a essência do planejamento” (KOONTZ; O’DONNELL, 1982). Existe uma disciplina acadêmica, a ciência da decisão, voltada a compreender o processo decisório administrativo. Baseados nessa ciência surgiram diversos modelos, pacotes de software e ferramentas analíticas que tentam transformar o processo decisório em uma fórmula. O problema desses modelos é que em geral a realidade é mais complexa do que as possibilidades incluídas em um modelo organizado permitem (CRAINE, 2000, p.37). No entanto, conforme afirma Craine (2000) isso não significa que os modelos de tomada de decisão devam ser ignorados, pois eles dão legitimidade às decisões.

Lachtermacher (2004) cita diversas vantagens quando o decisor utiliza um processo de modelagem para a tomada de decisão. Dentre elas destacam-se:

- os modelos forçam a explicitação de um objetivo;
- os modelos forçam a identificação das variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis;
- os modelos forçam o reconhecimento de limitações.

A tomada de decisão com múltiplos critérios (MCDM, do inglês, *multiple criteria decision making*) é o estudo da inclusão de critérios conflitantes na tomada de decisão (INTERNATIONAL SOCIETY ON MCDM, 2009). Na literatura encontram-se desenvolvidos vários métodos multicritério de apoio à decisão. Segundo Vincke (1992) e Roy (1996), existem duas escolas de abordagem principais: a Escola Francesa, em que os métodos mais citados são os da família ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) e a Escola Americana, em que destacam-se os métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*). Segundo Solomon (2010) o método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) possui classificação controversa pois apesar de ter sido proposto por europeus conceitualmente situa-se na linha de pensamento norte-americana. A diferença básica das duas escolas é que a escola norte-americana trabalha métodos baseados na função utilidade enquanto a escola europeia métodos de subordinação e síntese (SOLOMON, 2010, p.16).

A Matriz de decisão, **D**, é a ferramenta principal na aplicação de qualquer método de MCDM. Conforme apresentado na Tabela 4, os componentes da matriz de decisão indicam o desempenho, possibilidade, preferência, ou utilidade das alternativas com relação a cada critério. (SALOMON, 2010, p. 17).

Tabela 4: Matriz de decisão com m alternativas e n critérios

Alternativa	Critério 1	Critério 2	...	Critério j	...	Critério n
1	$d_{11}$	$d_{12}$	...	$d_{1j}$	...	$d_{1n}$
2	$d_{21}$	$d_{22}$	...	$d_{2j}$	...	$d_{2n}$
⋮	⋮	⋮				⋮
i	$d_{i1}$	$d_{i2}$	...	$d_{ij}$	...	$d_{in}$
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
m	$d_{m1}$	$d_{m2}$	...	$d_{mj}$	...	$d_{mn}$

(Fonte: Salomon, 2010)



O que distingue um método de MCDM dos demais é a maneira com que os componentes da matriz de decisão são obtidos e processados (SALOMON, 2010, p. 17).

“Nas aplicações de métodos da Escola Norte-americana, e alguns métodos da Escola Europeia, uma quantificação é possível entre as alternativas avaliadas. Isto porque a matriz de decisão gera um vetor de decisão,  $x$ . Os componentes do vetor de decisão representam o *desempenho global*, *pontuação global*, *preferência global*, ou *utilidade média* das alternativas. Para esta síntese, um vetor de pesos dos critérios,  $w$ , pode ser necessário.” (SALOMON, 2010, p.18) O vetor de decisão pode ser obtido pela multiplicação entre a matriz de decisão, uma matriz  $m \times n$ , e o vetor de pesos dos critérios, uma matriz  $n \times 1$ . A solução de um Problema de Escolha será a alternativa com o maior valor de  $x_i$ .

$$x = D.w \quad (1)$$

Conforme Salomon (2010, p.22) a Modelagem Matemática da aplicação de um método de MCDM consiste, basicamente, de três fases:

- Identificação do objetivo da decisão (ou seja, do tipo de problema), dos critérios e das alternativas.
- Atribuição de valores de importância para os critérios e valores de desempenho para alternativas.
- Síntese dos resultados

### 2.6.1 MAUT

Conforme explicam Miranda e Almeida (2004), a teoria da utilidade multiatributo (multiple attribute utility function – MAUT) foi idealizada pela Escola Americana e baseia-se nos conceitos de modelagem de preferência tradicional, admitindo apenas duas situações: preferência estrita (P) e indiferença (I), ambas transitivas. É construída uma função utilidade de agregação  $U(g_1, \dots, g_i, \dots, g_n)$ , que estabelece uma pré-ordem completa, agregando os critérios  $g_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) em um critério único de síntese, explicitando as preferências do decisor.

$$U(g_j) = U(g_1, \dots, g_j, \dots, g_n) = f[u(g_1), \dots, u(g_j), \dots, u(g_n)]$$

Na teoria da utilidade multiatributo, admite-se que cada alternativa decisória resulte em conseqüências que são avaliadas pelo decisor, de acordo com cada critério. O modelo das preferências é feito por meio da construção das funções utilidade  $U(g_i)$  (função utilidade de cada critério). Essa função representa o desejo do decisor, associando um valor aos prêmios que ele poderá obter. Um mesmo problema pode ter diferentes decisões, dependendo da pessoa que as toma, e conforme sua disposição em assumir riscos” (MIRANDA; ALMEIDA; 2004).

“A teoria da utilidade multiatributo envolve a junção dos vários pontos de vista (critérios) considerados em uma única função de síntese (critério único de síntese). Assim, o objetivo é encontrar a forma da função utilidade multiatributo que represente as preferências do decisor de acordo com os pontos de vista considerados. A forma da função utilidade depende das condições de independência dos critérios. Consoante às condições de independência, a função pode ser bastante simplificada. Essas condições são: independência em utilidade e independência aditiva.” (MIRANDA; ALMEIDA; 2004)

Em aplicações de MAUT, a matriz de decisão não é uma matriz estocástica. (SOLOMON, 2010).

### **2.6.2 ELECTRE**

Dentre os métodos da escola europeia destacam-se os métodos da família ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*), também denominados métodos de subordinação (termo em inglês: *outranking*), composta pelos métodos ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI (MIRANDA; ALMEIDA; 2004).

Conforme explicam Miranda e Almeida (2004) “o ELECTRE I é destinado a problemas que envolvem seleção. É um método que busca eliminar alternativas superadas de acordo com um conjunto de pesos atribuídos pelo decisor a cada objetivo do problema.”

“O ELECTRE I busca reduzir o conjunto de ações A (alternativas) para o menor possível, por meio de índices de concordância e discordância que medem a vantagem e a desvantagem relativa par a par entre as alternativas” (MIRANDA; ALMEIDA; 2004). Em aplicações de ELECTRE I, o quanto uma alternativa supera outra não é quantificado. (SALOMON, 2010).

*“O ELECTRE II busca ordenar um conjunto de alternativas da melhor para pior, sendo desenvolvido para resolver problemas de ordenação. São utilizados os conceitos de concordância e discordância para ordenar o conjunto de alternativas. A ordenação é encontrada por meio de duas pré-ordens construídas a partir das relações de sobreclassificação forte e fraca.” (MIRANDA; ALMEIDA; 2004).*

*“Os métodos ELECTRE I e ELECTRE II envolvem apenas critérios verdade. Com o desenvolvimento de novos tipos de modelagem de preferências, foram construídos os métodos ELECTRE III, IV, IS e TRI, que inserem em sua estrutura modelagens de preferências mais refinadas” (VINCKE, 1992 apud MIRANDA, ALMEIDA, 2004).*

*“O ELECTRE III tem por objetivo ordenar as alternativas da melhor para a pior. Porém, esse método envolve famílias de pseudocritérios na modelagem, ou seja, são inseridos limiares de preferência e indiferença. O objetivo do ELECTRE IV é ordenar as ações sem introduzir qualquer ponderação nos critérios, ou seja, admite-se que não haja informação suficiente ou perfeita a respeito das importâncias relativas entre os critérios” (VINCKE, 1992 apud MIRANDA, ALMEIDA, 2004).*

Trata de problemas que são modelados por uma família de pseudocritérios. (MIRANDA; ALMEIDA; 2004).

*“O ELECTRE IS é uma generalização do ELECTRE I, sendo usado para casos de seleção, que permite utilizar pseudocritérios na modelagem de preferências. O ELECTRE TRI é um método multicritério de classificação, isto é, aloca alternativas em categorias predefinidas”. (MIRANDA; ALMEIDA; 2004).*

### 2.6.3 MACBETH

Conforme resumem Bana e Costa, Angulo-Meza e Oliveira (2013):

*“O MACBETH é um método de apoio à decisão que permite avaliar opções levando em conta múltiplos critérios. Distingue-se de outros métodos multicritérios por basear a ponderação dos critérios e a avaliação das opções em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade. Dadas duas opções (ou níveis de performance, desempenho ou impacto), com a primeira melhor do que a segunda, a diferença de atratividade entre elas é muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema? A origem do nome MACBETH decorre do uso destas categorias semânticas de diferença de atratividade: ‘Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique’ (medir a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias)”.*

O método MACBETH cria uma matriz de julgamentos a partir das diferenças de “atratividade” e permite também a verificação visual da consistência. Conforme explicado pelos próprios criadores Bana e Costa, DeCorte e Vansnick (2010) MACBETH é uma abordagem interativa que requer apenas julgamentos qualitativos sobre diferenças para ajudar um tomador de decisão a quantificar a atratividade relativa das opções. Ele emprega um questionamento inicial, interativo, que compara dois elementos de cada vez, pedindo apenas um julgamento de preferência qualitativa.

Como os julgamentos são inseridos no software, ele verifica automaticamente a sua consistência. Uma escala numérica é gerada, consistente com os julgamentos do tomador de decisão. Através de um processo semelhante pesos são gerados por critérios.

#### **2.6.4 AHP**

Um dos métodos mais utilizados mundialmente e com mais artigos publicados em periódicos científicos é o AHP (SALOMON, 2010, p.17). Conforme explica Trentim (2012):

*“O AHP fornece um procedimento compreensivo e racional para modelar um problema de decisão, representando e quantificando as variáveis envolvidas em uma hierarquia de critérios ponderados por preferências (pesos). O resultado é um modelo que permite analisar várias alternativas e as comparar rapidamente, por isso conhecido como um método de decisão e para justificar a decisão.”*

*“A hierarquia de critérios e pesos da AHP é definida pelos tomadores de decisão à medida que se constrói o modelo. Os critérios são comparados entre si dois a dois, o que introduz um componente subjetivo no modelo. É um modelo que converte as preferências, ou julgamentos humanos, em valores numéricos para construir um modelo de tomada de decisão. Os pesos representam a prioridade dada a cada elemento ou critério, que podem ser organizados em hierarquias. A hierarquia do AHP permite que elementos distintos, ou mesmo incomensuráveis, sejam comparados entre si de maneira racional e consistente. A racionalidade provém da quantificação enquanto que a consistência é assegurada pelo modelo, utilizando auto-vetores.”*

*“Considerando que a percepção humana não é capaz de analisar simultaneamente todos os critérios e preferências, o AHP permite a construção de um modelo hierárquico de pesos e critérios para auxiliar na tomada de decisão. Além disso, em problemas complexos, por existir uma grande variedade de alternativas, não é humanamente possível analisar todas as soluções individualmente nem as comparar. Uma vez modeladas as preferências, critérios e pesos, o método AHP permite analisar muitas alternativas.”*

Em aplicações de AHP, a matriz de decisão é, geralmente, estocástica quanto às colunas, ou seja, os componentes de suas colunas são normalizados. O vetor de pesos dos critérios e o vetor de decisão também são normalizados. Aplicações de AHP não necessitam de um software proprietário. Esta abertura no conhecimento é uma das justificativas para o maior número de aplicações do AHP e também por ter sido adotado no presente trabalho.

Em aplicações de AHP, os pesos dos critérios são obtidos com um procedimento mais sofisticado do que a simples atribuição direta de valores. Uma matriz de comparações entre os critérios, dois a dois, deve ser preenchida. Para as comparações, geralmente, se adota uma escala linear de 1 a 9 (SAATY, 1977), conforme a Tabela 5.

Os pesos dos critérios são obtidos baseando-se em uma teoria bem conhecida da Álgebra Linear. Dada uma matriz de comparações,  $A$ , os pesos dos elementos comparados podem ser obtidos como o autovetor direito da matriz,  $v$ , conforme a Equação (2), onde é  $\lambda$  o maior autovalor da matriz.

$$A \cdot v = \lambda \cdot v \quad (2)$$

Tabela 5: Escala linear de comparações entre critérios.

<b>Intensidade de Importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
<b>1</b>	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
<b>3</b>	Fraca importância de um sobre o outro	Experiência e julgamento favorecem levemente uma atividade sobre a outra
<b>5</b>	Forte ou essencial importância de um sobre o outro	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre a outra
<b>7</b>	Demonstrada importância de um sobre o outro	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática
<b>9</b>	Absoluta importância de um sobre o outro	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é da mais alta ordem de afirmação possível
<b>2,4,6,8</b>	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	

(Fonte: Adaptada de Saaty, 1977).

O serviço online Wolfram Alpha (WOLFRAM RESEARCH COMPANY, 2010), realiza o cálculo do autovetor, instantânea e gratuitamente, tendo sido utilizado no desenvolvimento do modelo descrito no capítulo a seguir.

### **3 METODOLOGIA**

Atualmente a alta competitividade entre as empresas faz com que o processo de decisão na escolha de um produto e/ou fornecedor seja bastante complexo, e todos os fatores envolvidos no negócio devem estar integrados. Ainda, uma empresa que deseja agir de modo sustentável deve cobrar este requisito também nos produtos que adquire, de modo que não mais apenas o custo e a qualidade do produto sejam avaliados no momento da escolha de um fornecedor, mas todo o seu desempenho como empresa ambiental e socialmente responsável. Desta forma, um método de decisão multicritério pode ser adotado de modo a embasar a escolha correta para cada situação.

#### ***3.1 Proposta para um modelo de decisão baseado no método multicritério AHP***

Baseado no método AHP de tomada de decisão multicritério propõe-se no capítulo seguinte um modelo para avaliação e escolha de um método construtivo sustentável e ao mesmo tempo comercialmente viável para a construção de edificações provisórias.

Para tal foram selecionados alguns requisitos (qualitativos) e critérios (quantitativos ou premissas), julgados relevantes pela autora e seu orientador, os quais permitem a mensuração clara do seu cumprimento.

## 4 RESULTADOS

### 4.1.1 Requisitos e critérios de avaliação

Os requisitos e critérios adotados foram divididos em quatro categorias: técnicos, econômicos, ambientais e sociais, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Requisitos e critérios para seleção do método construtivo

<b>Categoria</b>	<b>Requisito/Critério</b>	<b>Definição</b>
<b>Técnicos</b>	Qualidade do fornecedor	Possui certificação ISO9001 ou está na lista de empresas qualificadas pelo PBQP-H?
	Qualidade dos materiais aplicados	Materiais de construção empregados atendem às NBR ou SIMAC, possuindo relatórios de ensaios comprobatórios?
	Qualidade do sistema construtivo	A edificação executada com o sistema construtivo proposto atende aos requisitos mínimos da NBR 15575?
	Modularidade do sistema	O sistema construtivo é modular?
	Histórico	Quantos anos de mercado possui o fornecedor?  Quantos m <sup>2</sup> já foram construídos utilizando o sistema construtivo?
<b>Econômicos</b>	Custo	Custo de aquisição da edificação considerando a construção no local desejado (em R\$/m <sup>2</sup> )
	Proximidade do fornecedor	Distância em km do fornecedor/fabricante ao local da obra
	Eficiência energética do sistema construtivo	Atende ou supera os requisitos da NBR 15575 quanto ao desempenho térmico, iluminância natural e utilização e reuso da água, de modo a diminuir o consumo com sistemas de ar condicionado, energia elétrica e água tratada.
<b>Ambientais</b>	Sistema de Gestão Ambiental	Possui certificação ISO14001 ou outro Sistema de Gestão Ambiental?
	Ecoetiquetas ou Selos Verdes	Sistema construtivo possui alguma ecoetiqueta ou selo verde?
	Ciclo de vida do produto	As matérias primas empregadas são extraídas de forma sustentável?
	Gestão de resíduos	O sistema construtivo é desmontável/remontável/reciclável? Empresa possui Programa de Gestão de Resíduos?
<b>Sociais</b>	Conformidade Legal	Empresa é formal (CNPJ válido)? Possui certidões negativas de débitos?

Requisito/Critério	Definição
Saúde e Segurança Ocupacional	Possui certificação OHSAS 18001?
	Quantos acidentes de trabalho com afastamento ocorreram nos últimos 3 anos?
	Fornecer e cobrar utilização de EPIs/EPCs pelos funcionários?
Responsabilidade Social	Possui certificação NBR 16001 ou SA 8000?
	Possui algum índice de sustentabilidade (ISE, DJSI, etc.)?

(Fonte: elaborado pela autora)

Ao responder as questões da coluna “Definição” obtém-se a pontuação nos critérios conforme mostra-se na sequência.

#### 4.1.2 Modelo de tomada de decisão

Para permitir o preenchimento da matriz de decisão cada alternativa deve ser avaliada com relação às categorias definidas no item 4.1.1, obtendo-se uma nota para cada uma dessas categorias. O sistema de pontuação é obtido através de respostas a questionários que atribuem notas de 0 a 1 para cada critério, conforme as Tabelas 7, 9, 11 e 13.

De modo a definir-se o vetor pesos  $w$  com relação aos critérios, estes foram comparados dois a dois, conforme o método AHP e a escala linear de Saaty, preenchendo-se assim uma matriz de comparação. Encontrando-se o autovetor da matriz e normalizando-o, obtém-se o vetor peso  $w$  para cada conjunto de subcritérios.

#### Pontuação no critério técnico (T):

A pontuação no critério técnico é obtida ao avaliar-se a qualidade do fornecedor, dos materiais utilizados e do sistema construtivo proposto, conforme a Tabela 7. Sistemas construtivos modulares obtém pontuação maior neste critério por serem mais sustentáveis. Por exemplo uma maneira de buscar assegurar a qualidade do fornecedor consiste em assegurar-se de que ele possui um sistema de gestão da qualidade. Já a qualidade dos materiais é garantida através do cumprimento das normas ABNT verificada através de certificados e ensaios. O histórico de utilização do método construtivo também aumenta a pontuação por permitir averiguar resultados positivos já obtidos.



Tabela 7: Questionário para atribuição de notas no critério técnico

<b>Critério</b>	<b>Perguntas</b>	<b>Notas</b>
Qualidade do fornecedor (T1)	Possui certificação ISO9001 ou está na lista de empresas qualificadas pelo PBQP-H?	Sim, há mais de 5 anos → T1 = 1 Sim, há menos de 5 anos → T1 = 0,8 Não, mas está buscando certificação ou possui sistema de gestão da qualidade interno consolidado → T1 = 0,5 Não e não está buscando nem possui qualquer sistema de gestão de qualidade → T1 = 0
Qualidade dos materiais aplicados (T2)	Materiais de construção empregados atendem às NBR, possuindo relatórios de ensaios comprobatórios?	Atende totalmente → T2 = 1 Atende parcialmente → T2 = 0,5 Não atende → T2 = 0
Qualidade do sistema construtivo (T3)	A edificação executada com o sistema construtivo proposto atende aos requisitos da NBR 15575?	Atende totalmente → T3 = 1 Atende parcialmente → T3 = 0,5 Não atende → T3 = 0
Modularidade do sistema (T4)	O sistema construtivo é modular?	Sim → T4 = 1 Não → T4 = 0
Histórico (T5)	Quantos m <sup>2</sup> já foram construídos utilizando o sistema construtivo (M2C)?	$M2C \geq 100.000 \rightarrow T5 = 1$ $100.000 > M2C \geq 50.000 \rightarrow T5 = 0,8;$ $50.000 > M2C \geq 10.000 \rightarrow T5 = 0,5;$ $10.000 > M2C \geq 0 \rightarrow T5 = 0,2;$

(Fonte: elaborado pela autora)

Na tabela 8 mostra-se como foram comparados os critérios, dois a dois, de acordo com a escala linear de comparações do Método AHP mostrada no item 2.6.4, o autovetor da matriz de comparações e finalmente o vetor de pesos obtido.

Tabela 8: Matriz de ponderação dos critérios técnicos e respectivo vetor pesos

	Qualidade do fornecedor	Qualidade dos materiais	Qualidade do sistema construtivo	Modularidade do sistema	Histórico	Autovetor	Vetor Pesos $w_T$ (autovetor normalizado)
Qualidade do fornecedor	1	1/3	1/5	3	1	0,21	0,12
Qualidade dos materiais	3	1	1/5	3	3	0,37	0,21
Qualidade do sistema construtivo	5	5	1	3	5	0,88	0,50
Modularidade do sistema	1/3	1/3	1/3	1	3	0,18	0,10
Histórico	1	1/3	1/5	1/3	1	0,12	0,07

(Fonte: elaborado pela autora)

A nota total de uma determinada alternativa com relação ao critério técnico é obtida pela solução da equação (3):

$$T = w_{T1}.T1 + w_{T2}.T2 + w_{T3}.T3 + w_{T4}.T4 + w_{T5}.T5 \quad (3)$$

Substituindo-se o vetor pesos:

$$T = 0,12.T1 + 0,21.T2 + 0,50.T3 + 0,10.T4 + 0,07.T5$$

### Pontuação no critério econômico (E):

A pontuação no critério econômico é obtida ao avaliar-se o custo do metro quadrado construído, a proximidade do fornecedor com relação ao local da construção e a eficiência energética do método construtivo, conforme a Tabela 9.

Tabela 9: Questionário para atribuição de notas no critério econômico

<b>Critério</b>	<b>Perguntas</b>	<b>Notas</b>	<b>Nota final</b>
Custo (E1)	Custo de aquisição da edificação considerando a construção no local desejado (em R\$/m <sup>2</sup> )	Custo ≤ 2000 → E1 = 1 2000 < Custo ≤ 3000 → E1 = 0,8; 3000 < Custo ≤ 4000 → E1 = 0,6; 4000 < Custo ≤ 5000 → E1 = 0,3; Custo > 5000 → E1 = 0,0;	E1
Proximidade do fornecedor (E2)	Distância em km do fornecedor/fabricante ao local da obra	Dist ≤ 200 → E2 = 1 200 < Dist ≤ 500 → E2 = 0,8; 500 < Dist ≤ 1000 → E2 = 0,6; 1000 < Dist ≤ 2000 → E2 = 0,4; Dist > 2000 → E2 = 0,2	E2
Eficiência energética do sistema construtivo (E3)	Com relação aos requisitos mínimos da NBR-15575 quanto ao conforto térmico o sistema construtivo:	Supera → E3a = 0,4 Atende → E3a = 0,2 Não atende → E3a = 0	E3 = E3a + E3b + E3c
	Com relação aos requisitos mínimos da NBR-15575 quanto à iluminância natural o sistema construtivo:	Supera → E3b = 0,4 Atende → E3b = 0,2 Não atende → E3b = 0	
	O sistema permite reuso de água de chuva em seu projeto?	Sim → E3c = 0,2 Não → E3c = 0	

(Fonte: elaborado pela autora)

Na tabela 10 mostra-se como foram comparados os critérios, dois a dois, de acordo com a escala linear de comparações do Método AHP mostrada no item 2.6.4, o autovetor da matriz de comparações e finalmente o vetor de pesos obtido.

Tabela 10: Matriz de ponderação dos critérios econômicos e respectivo vetor pesos

	Custo de construção	Proximidade do fornecedor	Eficiência energética do método	Autovetor	Pesos
Custo de construção	1	7	5	0,95	0,71
Proximidade do fornecedor	1/7	1	1/5	0,09	0,07
Eficiência energética do método	1/5	5	1	0,29	0,22

(Fonte: elaborado pela autora)

A nota total de uma determinada alternativa com relação ao critério econômico é obtida pela solução da equação (4):

$$E = 0,71.E1 + 0,07.E2 + 0,22.E3 \quad (4)$$

### **Pontuação no critério ambiental (A):**

A pontuação no critério ambiental é obtida considerando-se se o fornecedor possui um sistema de gestão ambiental e de gestão de resíduos, ecoetiquetas ou selos verdes, além do ciclo de vida do produto desde a obtenção das matérias primas até o destino final da edificação após o fim de sua vida útil. A pontuação é obtida conforme a Tabela 11.

Tabela 11: Questionário para atribuição de notas no critério ambiental

<b>Critério</b>	<b>Perguntas</b>	<b>Notas</b>	<b>Nota final</b>
Sistema de Gestão Ambiental (A1)	Possui certificação ISO14001 ou outro Sistema de Gestão Ambiental?	Sim, há mais de 5 anos → A1 = 1 Sim, há menos de 5 anos → A1 = 0,8 Não, mas está buscando certificação e/ou possui sistema de gestão ambiental interno consolidado → A1 = 0,5 Não e não está buscando nem possui qualquer sistema de gestão ambiental → A1 = 0	A1
Ecoetiquetas ou Selos Verdes (A2)	Sistema construtivo possui alguma ecoetiqueta ou selo verde?	Sim → A2 = 1 Não → A2 = 0	A2
Ciclo de vida do produto (A3)	As matérias primas empregadas são extraídas de forma sustentável?	Sim → A3a = 0,2 Parcialmente → A3a = 0,1 Não → A3a = 0	A3 = A3a + A3b
	O sistema construtivo é desmontável/remontável/reciclável?	Sim → A3b = 0,8 Não → A3b = 0	
Gestão de resíduos (A4)	Empresa possui Programa de Gestão de Resíduos?	Sim → A4 = 1 Não → A4 = 0	A4

(Fonte: elaborado pela autora)

Na tabela 12 mostra-se como foram comparados os critérios, dois a dois, de acordo com a escala linear de comparações do Método AHP mostrada no item 2.6.4, o autovetor da matriz de comparações e finalmente o vetor de pesos obtido.

Tabela 12: Matriz de ponderação dos critérios ambientais e respectivo vetor pesos

	Sistema de Gestão Ambiental	Ecoetiquetas ou Selos Verdes	Ciclo de vida do produto	Gestão de resíduos	Autovetor	Pesos
Sistema de Gestão Ambiental	1	1/3	1/5	1	0,13	0,09
Ecoetiquetas ou Selos Verdes	3	1	1/5	3	0,32	0,21
Ciclo de vida do produto	5	5	1	5	0,93	0,62

	Sistema de Gestão Ambiental	Ecoetiquetas ou Selos Verdes	Ciclo de vida do produto	Gestão de resíduos	Autovetor	Pesos
Gestão de resíduos	1	1/3	1/5	1	0,13	0,09

(Fonte: elaborado pela autora)

A nota total de uma determinada alternativa com relação ao critério ambiental é obtida pela solução da equação (5):

$$A = 0,09.A1 + 0,21.A2 + 0,62.A3 + 0,09.A4 \quad (5)$$

### Pontuação no critério social (S):

A pontuação no critério social é obtida considerando-se a legalidade do fornecedor, responsabilidade social e trabalhista e seu nível de preocupação com questões de saúde e segurança, conforme a Tabela 13.

Tabela 13: Questionário para atribuição de notas no critério social

<b>Critério</b>	<b>Perguntas</b>	<b>Notas</b>	<b>Nota final</b>
Conformidade Legal (S1)	S1a - Possui CNPJ válido?	Sim → S1a = 1 Não → S1a = 0	S1 = S1a.S1b
	S1b - Possui certidões de débitos negativos (união, trabalhistas)?	Sim → S1b = 1 Não → S1b = 0	
Saúde e Segurança Ocupacional (S2)	S2a - Possui certificação OHSAS 18001?	Sim → S2a = 0,4 Não → S2a = 0	S2 = S2a + S2b + S2c
	S2b - Quantos acidentes de trabalho com afastamento (ACA) ocorreram nos últimos 3 anos?	ACA ≥ 12 → S2b = 0; 12 > ACA ≥ 6 → S2b = 0,1; 6 > ACA ≥ 3 → S2b = 0,2; 3 > ACA ≥ 1 → S2b = 0,3; ACA = 0 → S2b = 0,4	
	S2c - Fornece e cobra a utilização de EPIs/EPCs?	Plenamente → S2c = 0,2 Parcialmente → S2c = 0,1 Não → S2c = 0	
Responsabilidade Social (S3)	S3a - Possui certificação NBR 16001 ou SA 8000?	Sim → S3a = 0,4 Não → S3a = 0	S3 = S3a + S3b + S3c
	S3b - Possui algum índice de sustentabilidade (ISE, DJSI, etc.)?	Sim → S3b = 0,3 Não → S3b = 0	

Perguntas	Notas
S3c - Possui ações de responsabilidade social nas comunidades onde atua?	Sim → S3c = 0,3 Não → S3c = 0

(Fonte: elaborado pela autora)

Na tabela 14 mostra-se como foram comparados os critérios, dois a dois, de acordo com a escala linear de comparações do Método AHP mostrada no item 2.6.4, o autovetor da matriz de comparações e finalmente o vetor de pesos obtido.

Tabela 14: Matriz de ponderação dos critérios ambientais e respectivo vetor pesos

	Conformidade Legal	Saúde e Segurança Ocupacional	Responsabilidade Social	Autovetor	Pesos
Conformidade Legal	1	5	5	0,94	0,69
Saúde e Segurança Ocupacional	1/5	1	5	0,32	0,23
Responsabilidade Social	1/5	1/5	1	0,11	0,08

(Fonte: elaborado pela autora)

A nota total de uma determinada alternativa com relação ao critério social é obtida pela solução da equação (6):

$$S = 0,69.S1 + 0,23.S2 + 0,08.S3 \quad (6)$$

### **Pontuação final do método construtivo (x):**

De modo a se obter a nota final de uma determinada alternativa fez-se também a ponderação das categorias de critérios, comparados dois a dois, obtendo-se o vetor pesos das categorias, conforme mostra a Tabela 15.

Tabela 15: Matriz de ponderação das categorias de critérios ambientais e respectivo vetor pesos

	Técnicos	Econômicos	Ambientais	Sociais	Autovetor	Pesos
Técnicos	1	1/3	1/3	1	0,27	0,15
Econômicos	3	1	3	1/3	0,53	0,28
Ambientais	3	1/3	1	1/3	0,32	0,17
Sociais	1	3	3	1	0,74	0,40

(Fonte: elaborado pela autora)

As notas finais das alternativas são obtidas multiplicando-se a matriz **D**, que contém as notas nos 4 critérios para cada alternativa, pelo vetor pesos acima definido. Como resultado obtém-se o vetor de decisão **x**.

Tabela 16: Matriz decisão, vetor pesos e vetor decisão

<b>D</b>	Nota técnico (T)	Nota econômico (E)	Nota ambiental (A)	Nota social (S)	.	Vetor pesos <b>w</b>	=	Nota final - Vetor <b>x</b>
	Ta	Ea	Aa	Sa				
Alternativa a	Ta	Ea	Aa	Sa		0,15		xa
Alternativa b	Tb	Eb	Ab	Sb		0,28		xb
Alternativa c	Tc	Ec	Ac	Sc		0,17		xc
Alternativa d	Td	Ed	Ad	Sd		0,40		xd

(Fonte: elaborado pela autora)

Finalmente, obtém-se a nota final **x** de uma determinada alternativa **m** pela solução da equação (7):

$$x_m = 0,15.T_m + 0,28.E_m + 0,17.A_m + 0,40.S_m \quad (7)$$

## 5 CONCLUSÃO

De acordo com a legislação vigente as empresas devem buscar reduzir ao mínimo os resíduos totalmente descartados devendo priorizar a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

No campo das edificações provisórias, que necessariamente devem ser desmobilizadas ao final da construção do empreendimento, soluções construtivas inteligentes e inovadoras, que possibilitam o desmonte e relocação, já existem no mercado, conforme mostra-se no item 2.5.

Com o desenvolvimento do método de decisão apresentado no capítulo 4 o objetivo do trabalho foi alcançado, permitindo que as possíveis soluções construtivas possam ser comparadas, de modo a se obter a mais adequada em termos de sustentabilidade, considerando-se requisitos técnicos, econômicos, ambientais e sociais, fazendo com que a decisão do empreendedor deixe de ser subjetiva

O presente trabalho mostrou que existem fornecedores no mercado nacional que oferecem métodos construtivos sustentáveis do ponto de vista socioambiental, e ao mesmo tempo economicamente e tecnicamente viáveis. Tais sistemas construtivos permitem a construção de edificações provisórias sustentáveis as quais, terminada sua utilização, podem ser desconstruídas com reaproveitamento de materiais, relocadas, ou, mesmo quando demolidas, minimizada a geração de resíduos para descarte e o consumo de recursos naturais.

O modelo de decisão apresentado permite avaliar cada sistema construtivo, e também o seu respectivo fornecedor, com relação a critérios de sustentabilidade técnicos, econômicos, ambientais e sociais, permitindo que se faça a escolha ótima para a construção de edificações provisórias, evitando que haja subjetividade na decisão ou que esta seja baseada apenas no fator custo.



## REFERÊNCIAS

AGISA Containers, 2014. Disponível em <<http://www.agisacontainers.com.br/>> Acesso em 21 fev. 2014.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M; GOLDENBERG, José, *coordenador*. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil: volume 5**. Série Sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2011;

AFA Locações, 2014. Disponível em <<http://www.afalocacoes.com.br/>> Acesso em 21 fev. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12284**: Áreas de vivência em canteiros de obras – Procedimento, Rio de Janeiro, 1991;

\_\_\_\_\_. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais - Desempenho, Rio de Janeiro, 2013;

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 9001**: Sistema de Gestão da Qualidade - Requisitos, Rio de Janeiro, 2000;

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14001**: Requisitos do Sistema de Gestão Ambiental, Rio de Janeiro, 2004;

\_\_\_\_\_. **NBR 16001**: Responsabilidade Social – Sistema de Gestão - Requisitos, Rio de Janeiro, 2012;

BANA E COSTA, Carlos A.; DE CORTE, Jean Marie; VANSNICK, Jean-Claude. **A Multiple Criteria Decision Support System**, BANA Consulting, 2010. Disponível em: < <http://www.m-macbeth.com>>. Acesso em 09 Abr. 2014.

BANA E COSTA, Carlos A.; ANGULO-MESA, Lidia; OLIVEIRA, Mônica D. O Método MACBETH e aplicação no Brasil. **ENGEVISTA**, Niterói, v.15, n.1. p.3-27, Abr. 2013. Disponível em <<http://www.uff.br/decisao/macbethengevista.pdf>>. Acesso em 09 Abr. 2014.

BIDERMAN, Rachel; MACEDO, Laura Silva Vicente de; MONZONI, Mario; MAZON, Rubens (orgs) ICLEI. **Guia de compras públicas sustentáveis: Uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável**. 2ª Edição, Rio de Janeiro: FGV, 2008

BRASIL. Lei no. 11.196 de 21 de novembro de 2005, **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 nov. 2005. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm)>. Acesso em 01 mar. 2014.

BRASIL. Lei no. 12.305 de 02 de agosto de 2010, **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 01 mar. 2014.

CANTEIRO Construções Racionalizadas Ltda., 2014. Disponível em <[www.canteiro.com.br](http://www.canteiro.com.br)> Acesso em 21 fev. 2014.

CEOTTO, Luiz Henrique. **Avaliação de sustentabilidade: balanço e perspectiva no Brasil**. I Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável. São Paulo, 2008

CHING, Francis D.K. **Dicionário visual de arquitetura**. São Paulo, Martins Fontes, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução No 307 de 05 de julho de 2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em 28 fev. 2014

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução No 448 de 18 de janeiro de 2012: Altera os artigos. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jan. 2012. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>. Acesso em 28 fev. 2014

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 448**: Altera os artigos. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Brasília, 2012.

CRAINER, Stuart. **Grandes pensadores da administração**. São Paulo: Futura, 2000.

DELTA Containers, 2014. Disponível em <<http://www.deltacontainers.com.br/>> Acesso em 21 fev. 2014.

DÉSIR, Jean Marie. **Alvenaria Estrutural** - Blocos e Tijolos Sílico-Calcáreos. Disponível em <[http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/alvenaria-estrutural/blocos\\_calcareos.php](http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_calcareos.php)>. Acesso em 21 fev. 2014.

EKERMAN, Sergio Kopinski. **Um quebra-cabeça chamado Lelé**. 2005 Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.064/423>> Acesso em 20 fev. 2014.

FREIRE, Wesley Jorge; BERALDO, Antonio Ludovico. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

GUIMARÃES, Ana Gabriella Lima. **Lima, João da Gama Filgueiras – Lelé**. Architectus dicionário de arquitetos no Brasil no século 20. Disponível em < <http://citrus.uspnet.usp.br/architectus/> > Acesso em 20 fev. 2014.

HANAI, João Bento de. **Construções de aragamassa armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução**. São Paulo: Pini, 1992.

INMETRO, Programa Brasileiro de Certificação em Responsabilidade Social, Brasília, 2012. Disponível em: < [http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade\\_social/programa\\_certificacao.asp](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/programa_certificacao.asp)>. Acesso em 19 fev. 2014;

INSTALAÇÕES Provisórias na Construção Civil, Notícias Globalwood Compensados e Madeiras, Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://www.globalwood.com.br/noticias/instalacoes-provisorias-na-construcao/#.UwSzVHnu-OM>> Acesso em 19 fev. 2014.;

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9000 – Quality Management**. Genebra, 2005. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso\\_9000.htm](http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm)> Acesso em 06 abr. 2014.

INTERNATIONAL SOCIETY ON MCDM. 2014. Mission of the society. Disponível em: <<http://www.mcdmsociety.org/intro.html>>. Acesso em 21 mar 2014.

JOÃO Filgueiras Lima, Lelé. Lisboa, Portugal: Editorial Blau; São Paulo, SP: Instituto Lina Bo e P.M. Bardi, 2000. (Arquitetos brasileiros)

KOONTZ, Harold; O'DONNELL, Cyril. **Princípios de Administração: uma análise das funções administrativas**. 13ª. Ed. São Paulo: Livraria Pioneira, 1982.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões: modelagem em Excel**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MARCONDES, Fábica Cristina Segatto; CARDOSO, Francisco Ferreira. Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção / I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção: Construção na América Latina: inclusão e modernização (IV SIBRAGEC / I ELAGEC). Porto Alegre, 2005, UFRGS. **Anais** do IV SIBRAGEC e do I ELAGEC (CD ROM), 2005. Disponível em <<http://observatorioderesiduos.com.br/wp-content/uploads/2011/03/Artigo%2520Marcondes%2520Cardoso%2520LogReversa%2520Sibragec%25202005.pdf>> Acesso em 01 mar. 2014.

MAYOR, Wagner Rocha Soutto. **Sistema Construtivo Modular**. 2012. 97f. Monografia. – Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/97.pdf>>. Acesso em 06 abr. 2014.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www4.cidades.gov.br/pbqp-h/index.php>>. Acesso em 05 abr. 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. ELETROBRÁS. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica em Edificações(PROCEL Edifica)**. Brasília, 2003. Disponível em: <[www.eletrobras.com/procel](http://www.eletrobras.com/procel)>. Acesso em 19 fev. 2014;

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Logística Reversa**, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>>. Acesso em 01 mar. 2014;

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTOS E GESTÃO. **Guia de Compras Públicas Sustentáveis para Administração Federal**. Brasília: 2010.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 18**: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Brasília, 2013;

\_\_\_\_\_. **NR 24**: Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho, Brasília, 1993;

\_\_\_\_\_. **NR 25**: Resíduos Industriais, Brasília, 2011;

MIRANDA, Caroline Maria Guerra de; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Visão multicritério da avaliação de programas de pós-graduação pela CAPES: o caso da área engenharia III baseado no ELECTRE II e MAUT. **Gestão & Produção**, São Carlos, v.7, n.1, Jan./Abr. 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-530X2004000100005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2004000100005)> Acesso em 09 abr. 2014.

NATIONAL STANDARDS AUTHORITY OF IRELAND. **OHSAS 18001 - Occupational Health and Safety Management**. Dublin, 2007. Disponível em <<http://www.nsai.ie/NSAI/files/18/18d115e9-31ce-4052-b54a-4811afc52904.pdf>>. Acesso em 06 abr. 2014.

PHILIPPI JR. Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de gestão ambiental**. São Paulo: Manole, 2004.

QUICKHOUSE Residências Americanas, 2014. Disponível em <<http://www.quickhouse.com.br/index.php>> Acesso em 01 mar. 2014.

RAMOS, Karen Cristina Siqueira; VALE, Aline Juliana do. Logística reversa na construção civil: um estudo de caso. In: XXIV ENANGRAD, Florianópolis, 2013. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ANGRAD, 2013. Disponível em <[http://www.enangrad.org.br/anais2013/\\_resources/artigos/gol/16.pdf](http://www.enangrad.org.br/anais2013/_resources/artigos/gol/16.pdf)>. Acesso em 01 mar. 2014.

ROSSO, Teodoro. **Racionalização da Construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980.

ROY, B. **Multicriteria methodology goes decision aiding**. Kluwer Academic Publishers, 1996.

SAATY, Thomas L. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal Of Mathematical Psychology, v.15, i.3, p. 234-281, Jun. 1977

SALOMON, Valério Antonio Pamplona. **Contribuições para validação de tomada de decisão com múltiplos critérios**. 2010. 68f. Tese (Livre-Docência). – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010. Disponível em <  
<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfValerioSalomon367/tese-Id.pdf>>.

SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL: **SA8000**. New York, 2008. Disponível em: <  
[http://www.sa-intl.org/\\_data/n\\_0001/resources/live/2008StdEnglishFinal.pdf](http://www.sa-intl.org/_data/n_0001/resources/live/2008StdEnglishFinal.pdf)>. Acesso em 22 mar 2014.

SCHRAMM, Fernando; MORAIS, Danielle Costa. **Aplicação do Método Multicritério SMARTER na Seleção de Fornecedores: Um Estudo de Caso na Construção Civil**. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 2008.

SUSTENTÁBIL Sistemas Construtivos Carbono Zero, 2014. Disponível em <  
<http://sustentabil.com>> Acesso em 01 mar. 2014.

TELLO, Rafael. **Guia CBIC de Boas Práticas em Sustentabilidade na Indústria da Construção**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012.

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção**. São Paulo: Pini, 2001.

TOMÁS, José. **"A Casa Desmontável 8x8 de Jean Prouvé poderá ser visitada pela primeira vez na Galerie Patrick Seguin"** 22 Jan 2014. ArchDaily. (Baratto, Romullo Trans.) Disponível em <  
<http://www.archdaily.com.br/br/01-169601/a-casa-desmontavel-8x8-de-jean-prouve-podera-ser-visitada-pela-primeira-vez-na-galerie-patrick-seguin>>. Acesso em 21 fev. 2014.

TRENTIM, Mário. Tomada de decisão em projetos – o método AHP. **Blog Mundo Project Management**, 2012. Disponível em <  
<http://blog.mundopm.com.br/2012/05/02/tomada-de-decisao-em-projetos—metodo-ahp/>>. Acesso em 09 Abr. 2014.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. John Wiley & Sons, 1992.

WOLFRAM RESEARCH COMPANY. **Eigenvector**, 2010. Disponível em <<http://www.wolframalpha.com/input/?i=eigenvector>>. Acesso em 21 mar. 2014.