

Tema: Sustentabilidade

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA COMPARAÇÃO DE EDIFÍCIOS EM AÇO E CONCRETO ARMADO

Pinto, Lelislânia Cristiane Noronha ¹
Azevedo, Rogério Cabral de ²

Resumo

As preocupações ambientais atuais impulsionam o mercado da construção civil em direção às exigências das certificações ambientais para seus produtos. Em contrapartida, os sistemas de certificação ambiental não são totalmente compatíveis para comparação dos sistemas construtivos em aço e concreto armado, dificultando o processo de análise do sistema construtivo que atenda de forma mais eficiente os requisitos de sustentabilidade de um determinado projeto. Este trabalho apresenta uma relação de indicadores aplicáveis para realizar a comparação do desempenho sustentável dos sistemas construtivos em aço e concreto armado para a construção de edifícios comerciais. Foram avaliados os sistemas de certificação sustentável DGNB e LEED, cujos indicadores de sustentabilidade foram selecionados levando em consideração os itens nos quais a análise e pontuações são influenciadas pela escolha de projeto em aço ou concreto armado. Os resultados apontam contribuições significativas para a tomada de decisões dos agentes envolvidos durante as fases do ciclo de vida dos empreendimentos em aço e concreto armado.

Palavras-chave: Avaliação de Sustentabilidade; Certificação Ambiental; Sistemas Construtivos.

SUSTAINABILITY INDICATORS FOR COMPARISON OF BUILDINGS IN STEEL AND REINFORCED CONCRETE

Abstract

The current environmental concerns drive the construction market towards the requirements of environmental certifications for their products. In contrast, environmental certification systems are not fully compatible for comparison of building systems in steel and reinforced concrete, hindering the construction system analysis process that meets the more efficiently a project of sustainability requirements. This paper presents a list of indicators applicable to make the comparison of sustainable performance of building systems in steel and reinforced concrete for the construction of commercial buildings. We evaluated the sustainable certification systems DGNB and LEED, whose sustainability indicators were selected taking into account the items on which the analysis and scores are influenced by the choice of steel or reinforced concrete design. The results show significant contributions to the decision-making of the agents involved during the stages of the life cycle of projects in steel and reinforced concrete.

Keywords: Sustainability Assessment; Environmental Certification; Building Systems.

¹ Mestranda em Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Doutor em Engenharia Civil, Professor do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A Indústria da construção civil demanda muitos recursos em suas atividades de construção, operação, manutenção e também no final do ciclo de vida dos empreendimentos e causa uma série de impactos ambientais como o aquecimento global, o esgotamento de recursos naturais, a poluição e geração de resíduos, que aumentam a cada dia [1].

A indústria da construção civil é em nível global um dos modelos de produção e consumos mais ineficientes. Na União Europeia, a construção civil gerou um consumo de energia de cerca de 40% do total de energia consumida e foi responsável por 30% das emissões de CO² assim como é responsável por 40% do total dos resíduos gerados [2].

É necessária a adoção de técnicas e práticas na construção civil que propiciem maior eficiência na utilização e gestão dos recursos. Muitos progressos já foram feitos, mas ainda é necessário aumentar o desempenho ambiental das edificações, utilizando os princípios da construção sustentável [3].

As metodologias para avaliação ambiental de edifícios surgiram em meados de 90 na Europa, Estados Unidos e Canadá. Nesta década, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, na qual foram definidas metas ambientais com o objetivo de fomentar a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental. Houve o consenso entre pesquisadores e agências governamentais, quanto à classificação de desempenho atrelada aos sistemas de certificação ser considerada um dos métodos mais eficientes para elevar o nível de desempenho ambiental dos empreendimentos [4].

Em consequência, alguns países como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão, Hong Kong, Alemanha têm investido em sistemas próprios de certificação ambiental de edifícios, baseados em critérios e indicadores de desempenho ambiental, como o sistema BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), desenvolvido no Reino Unido, o sistema LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), criado nos EUA, dentre outros [5].

No Brasil, a certificação ambiental de prédios já é percebida pelos agentes da construção civil e o interesse pelo assunto está se consolidando. Os sistemas de certificação mais utilizados são: o sistema LEED, o sistema AQUA (Alta Qualidade Ambiental), adaptado do sistema francês HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments) e o Selo Azul da Caixa, ambos desenvolvidos no Brasil [6].

O Brasil foi em 2014 o terceiro país do mundo com o maior número de empreendimentos certificados pelo sistema LEED, de acordo com o ranking do GBC Brasil. No ano de 2013 o país estava na quarta colocação. Com 223 projetos certificados em 2014, e 950 em fase de aprovação, o Brasil ficou atrás apenas dos Estados Unidos, que teve 21.738 edificações certificadas e da China, com 581 certificações [7].

O Brasil já progrediu em alguns aspectos, no que diz respeito a sistemas de certificação e indicadores de sustentabilidade, no entanto, os critérios e metodologias não são totalmente replicáveis, pois são naturalmente diferentes, oriundos de prioridades ambientais que variam de um país a outro; assim como as práticas construtivas e de projeto, o clima, as características

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

dos empreendimentos a serem construídos, as prioridades de regulamentações e do mercado. Um ponto de partida para melhoria deste cenário seria o desenvolvimento de um método brasileiro que contemplasse categorias que reflitam prioridades nacionais não contempladas nos métodos estrangeiros [8].

Esta pesquisa é focada no estudo dos sistemas de certificação ambiental, selecionando os principais indicadores para a comparação do desempenho de edifícios em aço e concreto armado destinados ao uso comercial. Foi selecionada uma lista de indicadores que servirá de apoio aos diversos agentes do setor da construção civil, principalmente durante a tomada de decisões para a escolha do processo construtivo que atenda às exigências e expectativas dos *stakeholders*, relacionadas aos aspectos da sustentabilidade ambiental do projeto. Esta lista irá permitir avaliar os itens que causam interferência na escolha do sistema construtivo, considerando as estruturas, vedações e os processos construtivos.

Por se tratar de um assunto relativamente novo no Brasil, mas que vem evoluindo, o segmento comercial foi alvo deste estudo porque já é percebido exigências de certificação e adequação às práticas sustentáveis em projetos desta natureza. Conforme estatísticas do GBC Brasil, órgão certificador do sistema LEED no Brasil, até o ano de 2016, o Brasil conta com 322 certificações, sendo 48,7% referentes ao setor comercial e de escritórios [9].

Este estudo torna-se um instrumento de apoio aos projetistas, incorporadores, investidores, construtores e demais envolvidos no processo de avaliação dos sistemas construtivos em aço e concreto armado para atendimento às iniciativas e demandas do mercado.

2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na década de 1960 o termo “meio ambiente” foi utilizado pela primeira vez em um evento internacional, chamado de reunião do Clube de Roma. O objetivo desta reunião foi discutir sobre os negócios internacionais e as iniciativas para a reconstrução dos países no pós-guerra. Alguns problemas ambientais que envolvem fronteiras entre países foram abordados, estabelecendo pela primeira vez a discussão sobre o assunto. O primeiro país a perceber a necessidade de intervenção do estado sobre as questões ambientais foram os Estados Unidos, que criou o regulamento em 1969 chamado de “Avaliação dos Impactos Ambientais”, (AIA), que logo se difundiu internacionalmente [10].

O primeiro relatório do Clube de Roma chamado de “Limites do Crescimento”, de 1972, impactou a comunidade científica ao apresentar cenários negativos sobre o futuro do planeta se o modelo de pensamento da época não fosse revisto. Se as tendências de crescimento da população mundial, industrialização, poluição, produção de alimentos e de esgotamento de recursos continuassem, os limites para o crescimento neste planeta seriam alcançados nos próximos cem anos [11].

No mesmo ano, em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente ocorrida em Estocolmo, abordou os problemas ambientais e suas consequências estabelecendo os direitos e responsabilidades de todos os governos, relativos à proteção ambiental e desenvolvimento sustentável [12; 13].

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento foi criada em 1983 e presidiada por Gro Harlem Brundtland. O relatório Brundtland ficou pronto em 1987 e foi o primeiro relatório a trazer para o discurso público o termo sustentabilidade que ganhou o seguinte significado: suprir as necessidades da geração presente sem afetar a capacidade das gerações futuras em suprir as suas próprias necessidades [13].

O desenvolvimento sustentável é baseado em três dimensões principais: ambiental, social e econômica. Assim, todas as ações voltadas ao desenvolvimento sustentável devem atuar simultaneamente nas três dimensões. Os aspectos econômicos do desenvolvimento sustentável abordam um sistema econômico que facilite o acesso a recursos e oportunidades e o uso do espaço ecologicamente produtivo, que permita meios de sobrevivência sustentáveis para todos. O foco está na satisfação das necessidades humanas, não apenas em lucro, dentro limites do ecologicamente possível e sem infringir sobre os direitos humanos básicos. Os aspectos sociais abrangem o desenvolvimento de sociedades justas com uma qualidade de vida aceitável. Já os aspectos ambientais visam encontrar um equilíbrio entre a proteção do ambiente físico e seus recursos e o uso desses recursos de forma racional, garantindo que o ambiente natural mantenha as condições de vida dos seres vivos que o habitam [14].

Em 1992, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUAD) no Rio de Janeiro, na qual participaram mais de 170 países. Foram produzidos desta conferência os seguintes documentos: Agenda 21, Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento, Declaração de Princípios sobre o uso das Florestas e a Convenção Quadro sobre as Alterações climáticas. Destes documentos, um de grande importância foi a Agenda 21, que se constituiu num documento de alcance a nível global, atingindo também a população nacional e local, no qual envolveu todos os setores da sociedade, no estudo de soluções para o alcance do desenvolvimento sustentável [15].

Em 1994, foi realizada em Tampa, na Flórida, a primeira conferência Internacional sobre construção sustentável, no qual foram feitas diversas propostas para chegar à definição de construção sustentável e onde foi discutido o futuro da construção sob o aspecto da sustentabilidade. A definição do termo “construção sustentável” mais aceita foi apresentada por Charles Kibert: “criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos e a utilização eficiente dos recursos” [16].

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia a ser seguida neste trabalho irá conter as seguintes etapas:

- a) Análise dos sistemas de certificação de sustentabilidade existentes;
- b) Verificação da abordagem dos indicadores dos sistemas de certificação existentes;
- c) Seleção dos sistemas que apresentam uma maior quantidade de indicadores aplicáveis (no mínimo 5); que contribuem para a diferenciação de projeto em estrutura metálica ou concreto armado;
- d) Análise das regras de pontuação e ponderação dos sistemas de certificação para os indicadores selecionados;
- e) Elaboração de uma tabela contendo os indicadores aplicáveis para comparação dos sistemas construtivos e descrevendo os objetivos de cada indicador.

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas que apresentaram os mesmos indicadores foram descartados, sendo que a prioridade de seleção foi direcionada para os sistemas mais utilizados no Brasil, devido à facilidade de acesso às informações. Os sistemas que apresentaram pelo menos 3 indicadores diferentes dos demais selecionados foram incluídos. Os indicadores que permitiram obter a pontuação apenas para um sistema construtivo foram selecionados, limitado a um percentual máximo de 30% do total de indicadores selecionados para cada sistema de certificação.

Desta forma, foram selecionados os sistemas DGNB e LEED, que apresentam 18 e 14 indicadores aplicáveis respectivamente, para comparação de sistemas construtivos em aço e concreto armado, conforme mostra a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Relação dos sistemas selecionados x não selecionados. Fonte: autor

SISTEMAS SELECIONADOS		
Sistema de Certificação	País de Origem	Justificativa
DGNB	Alemanha	18 indicadores aplicáveis
LEED	Estados Unidos	14 indicadores aplicáveis
SISTEMAS NÃO SELECIONADOS		
AQUA-HQE	Brasil-França	08 indicadores aplicáveis
BNB	Alemanha	Não foi possível avaliar. Documentação em alemão
BREEAM	Inglaterra	03 indicadores aplicáveis
CASBEE	Japão	12 indicadores aplicáveis
Escale	França	Não encontrado
Green Globes	Canadá	12 indicadores aplicáveis
Green Star	Austrália	Sistema que contempla indicadores mais específicos para construções em wood frame, steel frame e drywall (possibilidade de distorção da análise)
HQE	França	Não foi possível avaliar. Documentação em francês
LIDERA	Portugal	10 indicadores aplicáveis
NABERS	Austrália	6 indicadores aplicáveis
PromisE	Finlândia	Não encontrado
Protocolo Itaca	Itália	Não foi possível avaliar. Documentação em italiano
Selo Azul da Caixa	Brasil	Não aplicável. Válido para edificação habitacional
SICES	México	Não encontrado
TGBRS India	Índia	07 indicadores aplicáveis
TÜV Süd SCoRE	Alemanha	Não aplicável. Válido para edificações existentes e aplicações específicas que não são foco do estudo

4.1 Sistema de Certificação LEED

O sistema LEED é um sistema internacional de certificação ambiental para empreendimentos, utilizado atualmente em 143 países. Foi criado em 1993 nos Estados Unidos por um conselho

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

aberto e voluntário, o U.S Green Building Council (USGBC). No Brasil, a USGBC é representada pela GBC Brasil. Atualmente, existem 322 empreendimentos certificados no Brasil e 1051 empreendimentos registrados, estando em processo de certificação [9].

A pontuação do sistema LEED é dada em função das 7 áreas de avaliação (espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e prioridades regionais). Cada área de avaliação possui pré-requisitos, que são itens obrigatórios e para os itens não obrigatórios, as recomendações que são atendidas garantem pontos para o empreendimento avaliado. Os níveis alcançáveis de certificação LEED são conforme Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Pontuação do sistema LEED. Fonte: autor com dados extraídos de [9]

Categorias	Pontuação (pontos)
Platina	+ de 80 pontos
Ouro	60 - 69
Prata	50 - 59
Certificado	40 - 49

A Tabela 3 abaixo apresenta o *checklist* do sistema LEED para a modalidade “Novas Construções”:

Tabela 3: *Checklist* do sistema LEED – Versão 04. Fonte: autor com dados extraídos de [9]

LEED - Novas Construções - Checklist - v4			
Tópico	Critério	Pontuação máxima	Participação pontuação total
	Processos Integrados	1	0,9%
Localização e Transporte	LEED para desenvolvimento local de bairro	0	0,0%
	Proteção sensitiva da terra	1	0,9%
	Alta prioridade local	2	1,8%
	Densidade circundante e diversos usos	5	4,5%
	Acesso a trânsito de qualidade	5	4,5%
	Instalações de bicicleta	1	0,9%
	Redução de espaço de estacionamento	1	0,9%
	Veículos verdes	1	0,9%
Espaços Sustentáveis	Prevenção da poluição nas atividades de construção	Pré-Requisito	-
	Avaliação do local	1	0,9%
	Desenvolvimento do local - Proteção ou restauração do habitat	2	1,8%
	Espaço aberto	1	0,9%
	Gerenciamento de água de chuva	3	2,7%
	Redução de ilha de calor	2	1,8%

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

	Redução da poluição de luz	1	0,9%
Eficiência de água	Redução do uso de água ao ar livre	Pré-Requisito	-
	Redução de água interior	Pré-Requisito	-
	Medição do nível de água do edifício	Pré-Requisito	-
	Redução do uso de água ao ar livre	2	1,8%
	Redução do uso de água interior	6	5,5%
	Uso de torre de resfriamento de água	2	1,8%
	Medição de água	1	0,9%
Energia e Atmosfera	Comissionamento fundamental e verificação	Pré-Requisito	-
	Performance mínima de energia	Pré-Requisito	-
	Medição do nível de energia do edifício	Pré-Requisito	-
	Gerenciamento de refrigeração fundamental	Pré-Requisito	-
	Comissionamento reforçado	6	5,5%
	Otimização da performance de energia	18	16,4%
	Medição avançada de energia	1	0,9%
	Resposta à demanda	2	1,8%
	Produção de energia renovável	3	2,7%
	Gerenciamento de refrigeração reforçado	1	0,9%
Poder verde e compensações de carbono	2	1,8%	
Materiais e Recursos	Armazenagem e recolha de materiais recicláveis	Pré-Requisito	-
	Plano de gestão de resíduos de construção e demolição	Pré-Requisito	-
	Redução do impacto do ciclo de vida do edifício	5	4,5%
	Divulgação dos produtos do edifício e otimização - Declarações ambientais dos produtos	2	1,8%
	Divulgação dos produtos do edifício e otimização - Abastecimento de matérias-primas	2	1,8%
	Divulgação dos produtos do edifício e otimização - Ingredientes dos materiais	2	1,8%
Gestão dos resíduos de construção e demolição	2	1,8%	
Qualidade Ambiental Interna	Performance mínima de qualidade do ar interior	Pré-Requisito	-
	Controle ambiental de fumaça do tabaco	Pré-Requisito	-
	Estratégias de aumento da qualidade interior do ar	2	1,8%
	Materiais de baixa emissão	3	2,7%
	Plano de gestão da qualidade do ar no interior da construção	1	0,9%
	Avaliação da qualidade do ar interior	2	1,8%
	Conforto térmico	1	0,9%
	Iluminação interior	2	1,8%
	Luz solar	3	2,7%
	Qualidade das paisagens	1	0,9%
Performance acústica	1	0,9%	
Inovação	Inovação	5	4,5%
	Profissional licenciado LEED	1	0,9%
Prioridade Regional	Prioridade regional: crédito específico	1	0,9%
	Prioridade regional: crédito específico	1	0,9%
	Prioridade regional: crédito específico	1	0,9%

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

Prioridade regional: crédito específico	1	0,9%
	110	100%

4.2 Sistema de Certificação DGNB

O sistema de certificação DGNB é um sistema alemão, desenvolvido pelo German Sustainable Building Council (Conselho de Construção Sustentável da Alemanha), criado em 2007. O sistema DGNB atualmente é aplicado em vários países, dentre os quais se pode citar: Brasil, China, Itália, Argentina [17].

O sistema DGNB abrange as seguintes áreas de avaliação: Qualidade Ambiental, Qualidade Econômica, Qualidade Sócio-cultural e funcionalidade, Qualidade Técnica, Qualidade do Processo e Qualidade do terreno. A pontuação é dividida em 3 categorias para construções novas: Prata, Ouro e Platino. A análise é feita de duas formas: através da performance obtida em cada um dos grupos de indicadores e através da performance total obtida pelo conjunto, conforme mostra a Tabela 04 [17].

Tabela 04: Pontuação do sistema DGNB. Fonte: autor com dados extraídos de [17]

Categorias	Índice total de desempenho	Índice de desempenho mínimo por área de avaliação	Observações
Bronze*	a partir de 35%	-	Somente para construções existentes
Prata	a partir de 50%	35%	
Ouro	a partir de 65%	50%	
Platina	a partir de 80%	65%	

A Tabela 05 abaixo apresenta o *checklist* do sistema DGNB para a modalidade “Novas Construções - Escritórios”:

Tabela 05: *Checklist* do sistema DGNB. Fonte: autor com dados extraídos de [18]

Checklist DGNB – Novas Construções - Escritórios - 2014					
Tópico	Critério do grupo	Critério nº	Critério	Fator de relevância	Participação na pontuação total
Qualidade Ambiental (ENV)	Efeitos sobre o meio ambiente global e local	ENV1.1	Avaliação do impacto do ciclo de vida	7	7,9%
		ENV1.2	Impacto ambiental local	3	3,4%
		ENV1.3	Contratação responsável	1	1,1%
	Consumo de recursos e geração de resíduos	ENV2.1	Avaliação do impacto do ciclo de vida - Energia primária	5	5,6%
		ENV2.2	Demanda de água potável e volume de efluentes	2	2,3%
		ENV2.3	Uso da terra	2	2,3%
Qualidade Econômica	Custo de ciclo de vida	ECO 1.1	Custo do ciclo de vida	3	9,6%

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

(ECO)	(ECO10)				
	Desenvolvimento econômico (ECO20)	ECO 2.1	Flexibilidade e adaptabilidade	3	9,6%
ECO 2.2		Viabilidade comercial	1	3,2%	
Qualidade sociocultural e funcional (SOC)	Saúde, conforto e satisfação do usuário (SOC10)	SOC 1.1	Conforto térmico	5	4,3%
		SOC 1.2	Qualidade do ar interior	3	2,6%
		SOC 1.3	Conforto acústico	1	0,9%
		SOC 1.4	Conforto visual	3	2,6%
		SOC 1.5	Controle do uso	2	1,7%
		SOC 1.6	Qualidade dos espaços externos	1	0,9%
		SOC 1.7	Proteção e segurança	1	0,9%
Qualidade sociocultural e funcional (SOC)	Funcionalidade e (SOC20)	SOC 2.1	Design para todos	2	1,7%
		SOC 2.2	Acessos públicos	2	1,7%
		SOC 2.3	Instalações de ciclistas	1	0,9%
	Qualidade do projeto (SOC30)	SOC 3.1	Design e qualidade urbana	3	2,6%
		SOC 3.2	Arte pública integrada	1	0,9%
Qualidade técnica (TEC)	Qualidade técnica (TEC10)	TEC 1.1	Segurança contra fogo	2	4,1%
		TEC 1.2	Isolamento de som	2	4,1%
		TEC 1.3	Qualidade da envoltória do edifício	2	4,1%
		TEC 1.4	Adaptação de sistemas técnicos	1	2,0%
		TEC 1.5	Limpeza e manutenção	2	4,1%
		TEC 1.6	Desconstrução e desmontagem	2	4,1%
Qualidade de Processos (PRO)	Qualidade de planejamento (PRO10)	PRO 1.1	Breve abrangência do projeto	3	1,4%
		PRO 1.2	Projeto integrado	3	1,4%
		PRO 1.3	Conceito do projeto	3	1,4%
		PRO 1.4	Aspectos sustentáveis em fase de estudo	2	1,0%
		PRO 1.5	Documentação para gestão de instalações	2	1,0%
	Qualidade de construção (PRO20)	PRO 2.1	Impactos ambientais da construção	2	1,0%
		PRO 2.2	Garantia da qualidade da construção	3	1,4%
		PRO 2.3	Comissionamento sistemático	3	1,4%
Qualidade do terreno (SITE)	Qualidade do terreno (SITE10)	SITE 1.1	Ambiente local	2	0,0%
		SITE 1.2	Imagem pública e condições sociais	2	0,0%
		SITE 1.3	Acesso a transporte	3	0,0%
		SITE 1.4	Acesso a instalações	2	0,0%
					100%

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

4.3 Indicadores selecionados para comparação de sistemas construtivos em aço e concreto armado

A análise dos indicadores dos sistemas LEED e DGNB, com o objetivo de identificar os que poderiam ser utilizados para a avaliação da diferenciação dos sistemas construtivos em aço e concreto armado, que causam interferência na pontuação final, resultou nos indicadores selecionados nas Tabelas 06 e 07 abaixo.

Tabela 06: Indicadores selecionados do sistema LEED. Fonte: autor

LEED - Novas Construções - v4 - Indicadores selecionados					
Item	Tópico	Indicador	Pontuação máxima	Participação na pontuação total	Objetivo
1	Energia e atmosfera	Performance mínima de energia	Pré-Requisito		Diminuir os impactos ambientais e econômicos provenientes da utilização de energia excessiva até alcançar um nível mínimo da eficiência energética da construção e seus sistemas
2		Otimização da performance de energia	18	16,4%	Alcançar níveis crescentes de Desempenho energético além do padrão pré-requisito, para diminuir os danos ambientais e econômicos associados ao uso excessivo de energia
3	Materiais e Recursos	Plano de gestão de resíduos de construção e demolição	Pré-Requisito		Reduzir os resíduos de construção e demolição depositados em aterros e instalações de incineração de recuperação, reutilização e reciclagem de materiais
4		Redução do impacto do ciclo de vida do edifício	5	4,5%	Incentivar a adaptação ao reuso e otimizar o desempenho ambiental de produtos e materiais
5		Divulgação dos produtos do edifício e otimização - Declarações ambientais dos produtos	2	1,8%	Incentivar a utilização de produtos e materiais para os quais as informações sobre ciclo de vida estão disponíveis e que têm impactos no ciclo de vida nas dimensões ambientais, econômicas e sociais. Recompensar as equipes de projetos que selecionarem produtos de fabricantes que confirmarem melhorias nos impactos do ciclo de vida de seus produtos
6		Divulgação dos produtos do edifício e otimização - Abastecimento de matérias-primas	2	1,8%	Incentivar a utilização de produtos e materiais para os quais as informações sobre o ciclo de vida estão disponíveis e que tem impactos no ciclo de vida nas dimensões ambientais, econômicas e sociais. Recompensar as equipes de projeto que selecionarem produtos que tem sido extraídos de forma responsável

7		Divulgação dos produtos do edifício e otimização - Ingredientes dos materiais	2	1,8%	Incentivar a utilização de produtos e materiais para os quais as informações sobre o ciclo de vida estão disponíveis e que tem impactos no ciclo de vida nas dimensões ambientais, econômicas e sociais. Para recompensar as equipes de projetos que selecionarem produtos para os quais os ingredientes químicos são verificados usando um método de seleção dos produtos de forma a minimizar a geração de substâncias nocivas. Recompensar os fabricantes de matérias-primas que produzem produtos verificados e que tem seus impactos melhorados
8		Gestão dos resíduos de construção e demolição	2	1,8%	Minimizar os resíduos de construção e demolição depositados em aterros e instalações de incineração de recuperação, reutilização e reciclagem de materiais
9	Qualidade Ambiental interna	Materiais de baixa emissão	3	2,7%	Reduzir concentrações de contaminantes químicos que podem danificar a qualidade do ar, a saúde humana, a produtividade e o meio ambiente
10		Conforto térmico	1	0,9%	Promover aos ocupantes produtividade, conforto e bem estar, proporcionando qualidade de conforto térmico
11		Performance acústica	1	0,9%	Proporcionar espaços de trabalho e salas de aula que promovem o bem estar, produtividade dos ocupantes e comunicações através de projeto acústico eficaz.
12	Prioridade Regional	Prioridade regional: crédito específico	1	0,9%	Fornecer um incentivo para obtenção de créditos para projetos que estão localizados em regiões que abordam prioridades de saúde pública, igualdade social e localização geográfica ambiental específica
13		Prioridade regional: crédito específico	1	0,9%	
14		Prioridade regional: crédito específico	1	0,9%	
			39	35,5%	

Tabela 07: Indicadores selecionados do sistema DGNB. Fonte: autor

Checklist DGNB - Escritórios - 2014 - Indicadores selecionados							
Item	Tópico	Critério do grupo	Critério nº	Critério	Fator de relevância	Participação pontuação total	Objetivo
1	Qualidade Ambiental (ENV)	Efeitos sobre o meio ambiente e global e local	ENV1.1	Avaliação do impacto do ciclo de vida	7	7,9%	Reduzir as emissões de gases e impactos causados ao meio ambiente ao longo de todo o ciclo de vida do edifício

2		Consumo de recursos e geração de resíduos	ENV2.1	Avaliação do impacto do ciclo de vida - Energia primária	5	5,6%	Avaliar a necessidade de energia primária total de um edifício. A relevância é dada sobre a redução do consumo global de energia primária e a maximização da utilização de energias renováveis. O objetivo é o cumprimento das normas legais em benefício da proteção mundial do clima e recursos
3	Qualidade e Econômica (ECO)	Custo de ciclo de vida (ECO10)	ECO 1.1	Custo do ciclo de vida	3	9,6%	Reduzir os custos totais do ciclo de vida do edifício (LCC) para um mínimo. Estes custos são relacionados a: construção, operação, manutenção e demolição
4		Desenvolvimento econômico (ECO20)	ECO 2.1	Flexibilidade e adaptabilidade	3	9,6%	A facilidade com que um edifício pode ser adaptado às necessidades e mudanças ajuda a aumentar a satisfação do usuário; isto pode prolongar a vida útil do edifício e reduzir os custos incorridos ao longo do seu ciclo de vida. Este critério avalia a capacidade de reduzir o risco de desocupação do imóvel e contribuir com o sucesso econômico de edifícios em longo prazo. Assim, este critério visa tornar o design do edifício o mais flexível possível e criar o maior potencial possível de reutilização
5			ECO 2.2	Viabilidade comercial	1	3,2%	Avaliar se um edifício tem o potencial para responder a demanda do usuário em médio e longo prazo no mercado relevante
6	Qualidade e sociocultural e funcional (SOC)	Saúde, conforto e satisfação do usuário (SOC10)	SOC 1.1	Conforto térmico	5	4,3%	Melhorar o desempenho e a qualidade de vida dos usuários da edificação
7			SOC 1.3	Conforto acústico	1	0,9%	Alcançar condições acústicas apropriadas para o uso pretendido e que garantam um nível suficiente de conforto ao usuário
8			SOC 1.7	Proteção e segurança	1	0,9%	Evitar situações perigosas, tanto quanto possível limitar o impacto de desastres potenciais naturais

9		Qualidade do Projeto (SOC 30)	SOC 3.3	Qualidade do projeto	1	0,9%	Avaliar o projeto com vista à variedade de possibilidades para a sua utilização. Os requisitos do uso e as relações espaciais dele decorrentes podem mudar durante o ciclo de vida de uma estrutura. Um layout que pode acomodar este potencial de mudança beneficia a sustentabilidade de um edifício e aumenta a sua viabilidade em longo prazo
10	Qualidade e técnica (TEC)	Qualidade e técnica (TEC10)	TEC 1.1	Segurança contra fogo	2	4,1%	Garantir que as condições mínimas de segurança contra fogo exigidas pelas normas estejam atendidas
11			TEC 1.2	Isolamento de som	2	4,1%	Garantir um nível mínimo de qualidade acústica em um edifício para que ele possa ser utilizado para a sua pretendida finalidade, de modo a garantir o conforto e a satisfação de seus usuários.
12			TEC 1.3	Qualidade da envoltória do edifício	2	4,1%	Reduzir as necessidades de aquecimento. Alcançar um elevado nível de conforto térmico e evitar danos a estrutura do edifício
13			TEC 1.4	Adaptação de sistemas técnicos	1	2,0%	Avaliar a facilidade com que os sistemas técnicos podem ser adaptados às variações das exigências contribuindo positivamente para a flexibilidade e conversibilidade do edifício como um todo
14			TEC 1.5	Limpeza e manutenção	2	4,1%	Manter os custos de limpeza e manutenção da edificação tão baixos quanto possíveis e prolongar a vida útil dos componentes de construção
15			TEC 1.6	Desconstrução e desmontagem	2	4,1%	Avaliar a facilidade de desmontagem e reciclagem da estrutura do edifício
16	Qualidade e de Processos (PRO)	Qualidade de planejamento	PRO 1.4	Aspectos sustentáveis em fase de estudo	2	1,0%	Busca da estreita coordenação de todos os participantes da fase inicial de um projeto para uma melhoria significativa do processo de concepção e o

		(PRO10)					resultado final, através da implantação de ideias que privilegiem os aspectos da sustentabilidade
17		Qualidade e de construção (PRO20)	PRO 2.1	Impactos ambientais da construção	2	1,0%	Minimizar o impacto sobre o meio ambiente local e os residentes nas proximidades
18			PRO 2.2	Garantia da qualidade da construção	3	1,4%	Descartar defeitos, tanto quanto possível durante a fase de construção através de uma boa documentação de construção e controles de qualidade. Além disso, posteriores medidas de reuso e desconstrução devem ser facilitadas e otimizadas em termos de sustentabilidade.
						68,8%	

5. CONCLUSÃO

Pelo presente estudo se pode concluir que o sistema LEED apresentou 14 indicadores aplicáveis para comparação de edificações comerciais projetadas em aço ou em concreto armado, representando cerca de 40% do total de pontos aplicáveis neste sistema de avaliação. Os 14 indicadores selecionados são integrantes dos tópicos: Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna e Prioridades Regionais. Já a análise do sistema DGNB evidencia um percentual maior de indicadores aplicáveis para comparação dos sistemas construtivos, sendo 18 indicadores, representando cerca de 70% do total de pontos aplicáveis. Os indicadores selecionados fazem parte dos seguintes tópicos: Qualidade Ambiental, Qualidade Sócio-Econômica e Funcional, Qualidade Técnica e Qualidade de Processos.

Um fator de relevância na análise é que o sistema DGNB engloba indicadores econômicos, sociais e de processos, não apenas ambientais, sendo, portanto, mais abrangente que o sistema LEED, pois aborda todas as dimensões da sustentabilidade.

Portanto, este estudo servirá como referência para os profissionais de projetos, construtores, investidores e demais interessados, para os que buscam uma certificação do empreendimento ou para a tomada de decisões quanto à análise e escolha do sistema construtivo que melhor atenda aos aspectos da sustentabilidade ambiental de um determinado projeto, que depende de vários fatores, como materiais empregados, arquitetura, condições do local da obra, etc. Tendo em vista que para o sistema DGNB, por exemplo, os indicadores selecionados tem uma grande representatividade na pontuação final, a análise e avaliação dos sistemas construtivos por meio destes indicadores, torna-se um importante elemento para apoio a tomada de decisões.

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

REFERÊNCIAS

- 1 AKSEL, H.; EREN, Ö. A Discussion on the Advantages of Steel Structures in the Context of Sustainable Construction. **International Journal of Contemporary Architecture "The New ARCH"**, v. 02, 2015. ISSN 2198-7688 Disponível em: < <http://the-new-arch.net/Articles/v02n03a05--Havva-Aksel.pdf> >. Acesso em: 15/03/2016.
- 2 CIB. **Agenda 21 on Sustainable Construction (CIB Report Publication 237)**. Netherlands. 1999
- 3 MACHADO, R. C. **Aspectos da sustentabilidade ambiental nos edifícios estruturados em aço**. 2010. 248 Dissertação de Mestrado Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- 4 SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. 210p. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- 5 LUCAS, V. S. **Construção sustentável-sistema de avaliação e certificação**. 2011. Dissertação de Mestrado Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- 6 AULICINO, P. **Análise de métodos de avaliação de sustentabilidade do ambiente construído: o caso dos conjuntos habitacionais**. 2008. Tese de Mestrado em Engenharia Civil Departamento de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- 7 AMORIM, K. **Brasil é o terceiro colocado no ranking mundial de projetos com certificação LEED**. Téchne: Portal Pini Web 2015.
- 8 SILVA, V. G. Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica. **Projeto Finep**, v. 2386, n. 04, p. 1-60, 2007.
- 9 GBC. GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. 2014. Disponível em: < <http://www.usgbc.org> >.
- 10 GOLDEMBERG, J.; BARBOSA, L. M. **A legislação ambiental no Brasil e em São Paulo**. Revista Eco 21 2004.
- 11 MEADOWS, D. H. et al. **The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind**. United States of America. 1972
- 12 ONU. Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. 1972. Disponível em: < http://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf >. Acesso em: 25/03/2016.

- 13 BRUNDTLAND, G. et al. Our Common Future ('Brundtland report'). 1987. Disponível em: < <http://www.citeulike.org/group/13799/article/13602458> >. Acesso em: 25/03/2016.
- 14 CIB/UNEP-IETC. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries. A discussion document.** Pretoria. 2002
- 15 PINHEIRO, M. D. Ambiente e construção sustentável. **Instituto do Ambiente, Amadora**, 2006. Disponível em: < http://www.lidera.info/resources/ACS_Manuel_Pinheiro.pdf >. Acesso em: 05/03/2016.
- 16 KIBERT, C. J. **Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction.** CIB TG 16/Center for Construction and Environment, University of Florida. Tampa, Flórida. 1994
- 17 DGNB. GERMAN SUSTAINABLE BUILDING COUNCIL. 2016. Disponível em: < <http://www.dgnb-system.de/de/> >.
- 18 _____. **GERMAN SUSTAINABLE BUILDING COUNCIL. GENERAL INFORMATION - OFFICES VERSION 2014.** 2014.