



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO IMPACTO AMBIENTAL ENTRE ESTRUTURAS DE AÇO E DE CONCRETO ARMADO

Deise Boito¹; Tainara Aimi²; Moacir Kripka³

RESUMO

A indústria da construção civil é responsável por grande parcela da degradação do meio ambiente. O início da conscientização com os impactos causados pelo homem no ambiente surgiu com a definição do conceito de desenvolvimento sustentável, o qual com o tempo foram ganhando consistência e originou o conceito de construção sustentável. Este trabalho apresenta um comparativo dos impactos ambientais entre estruturas de aço e estruturas de concreto armado, os quais consistem nos materiais estruturais mais utilizados na construção civil na atualidade. Com base em um levantamento de publicações e pesquisas científicas desenvolvidas sobre esses materiais, buscou-se identificar suas principais diferenças, na perspectiva da construção sustentável. Verificou-se que, dentre as pesquisas científicas analisadas, algumas apontam o concreto armado como o material estrutural mais sustentável, outras o aço como material menos nocivo ao meio ambiente, enquanto que há pesquisas que afirmam ser difícil analisar todos os impactos ambientais em um único artigo. Sendo assim, para afirmar que um material é quantitativamente mais sustentável do que o outro é necessário realizar um estudo comparativo mais complexo, pois tratam-se de materiais com propriedades, vantagens, custos e ciclos de vida distintos.

Palavras-chave: aço; concreto armado; estruturas; impactos ambientais.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT BETWEEN STEEL AND ARMED CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT

The construction industry is responsible for a large portion of the environmental degradation. The early awareness of human impacts on the environment came up with the definition of sustainable development, which over time has gained consistency and, from this, originated the concept of sustainable construction. This study presents a comparison between the environmental impacts of steel and reinforced concrete structures, which consist on the structural materials most used in civil construction nowadays. Based on a survey of publications and scientific research, this work aims to identify the main differences between these structural materials regarding the sustainability. It was verified that, among the scientific researchers analyzed, some point to armed concrete as the most sustainable structural material, others indicate steel as less harmful to the environment, while there are other researches that say it is difficult to analyze all the environmental impacts in a single article. Thus, to assert that one material is quantitatively more sustainable than the other, a more complex comparative study is necessary, since they present different properties, advantages, costs and life cycles.

Keywords: steel, reinforced concrete, structures, environmental impacts.

¹ Graduada e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Passo Fundo - UPF/RS

² Graduada e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Passo Fundo - UPF/RS

³ Doutor e Professor Titular no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo - UPF/RS. E-mail: mkripka@upf.br

1. INTRODUÇÃO

No ano de 1987 foi cunhado o termo *Desenvolvimento Sustentável*. Posteriormente, em 1994, surgiu o conceito de *Construção Sustentável*, sendo definido pela primeira vez pelo professor Charles Kibert numa conferência realizada nos Estados Unidos, para enfatizar as responsabilidades da indústria da construção, para se alcançar os objetivos da sustentabilidade. Para avaliação de um sistema estrutural construtivo, consideram-se três dimensões importantes listadas na Figura 1 (CASTRO, 2012).

Ainda de acordo com Castro (2012), atualmente existem várias ferramentas que permitem fazer a avaliação da sustentabilidade, associadas a diferentes escalas de avaliação, como a análise de ciclo de vida dos materiais, dos processos construtivos ou do edifício no seu conjunto. Estas ferramentas, que normalmente são importadas de outros países, têm de ser adaptadas à realidade de atuação, de maneira a tornar os seus resultados mais confiáveis. Apesar da importância que assumem, estas metodologias são sempre sistemas simplificados, e de alguma maneira redutores, pois é impossível abranger todas as situações.

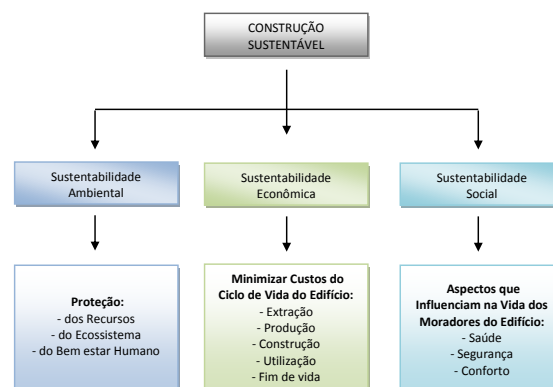


Figura 1. As Dimensões da Sustentabilidade.

Como ferramenta de gestão ambiental, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) transformou-se, nos últimos anos, numa metodologia de análise internacionalmente reconhecida de avaliação do desempenho do material, do produto ou do edifício. Assim, a utilização adequada de produtos e tecnologias é um forte contributo para um melhor desempenho ambiental, principalmente quando é avaliado todo o ciclo de vida e a sua influência no comportamento geral do edifício (BRAGANÇA e MATEUS, 2011).

As fases do ciclo de vida de uma construção sustentável englobam desde a extração da matéria prima, passando pelo planeamento, projeto (materiais e elementos estruturais), construção e manutenção de edifícios, até a sua demolição final e gestão dos resíduos dela resultante, conforme ilustrado na Figura 2 (MATEUS, 2004).

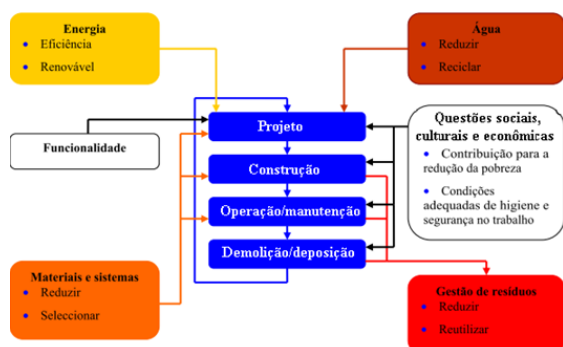


Figura 2. Fases do Ciclo de Vida de uma Construção Sustentável. **Fonte:** MATEUS (2004).

A aplicação da ACV e a Avaliação da Sustentabilidade das estruturas permite avaliar impactos ambientais, econômicos e sociais influenciando na escolha do material e/ou sistema estrutural para a execução do edifício ou obra a ser construída. Dentre os materiais estruturais, este trabalho evidencia as estruturas de aço e de concreto armado, por serem as mais amplamente empregadas. Segundo Castro (2012), para afirmar qual sistema estrutural é mais sustentável, entre a estrutura de aço e de concreto armado, deve-se realizar uma análise minuciosa de cada um.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente artigo apresenta um comparativo dos impactos ambientais entre estruturas de aço e estruturas de concreto armado, baseado em pesquisas científicas desenvolvidas sobre o tema, verificando as principais diferenças encontradas na perspectiva da construção sustentável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características do concreto e do aço na perspectiva sustentável

3.1.1 Concreto

O concreto apresenta-se como um material versátil que pode trazer benefícios sustentáveis em termos econômicos, tais como a sua propriedade térmica, durabilidade, resistência ao fogo, comportamento acústico, adaptabilidade e capacidade de reciclagem. O concreto é um dos materiais de construção mais sustentáveis quando considerada a energia consumida na produção e as propriedades inerentes de uso (EUROPEAN CONCRETE PLATFORM, 2009).

A *Portland Cement Association and Environmental Council of Concrete Organization* e a *Cement Concrete & Aggregates of Austrália* assumem várias razões para considerar o concreto um material sustentável, destacando-se: eficiência de recursos, pois o componente mais utilizado no cimento é o calcário, ou seja, mineral mais abundante na terra, podendo também ser feito a partir de produtos residuais provenientes de indústrias, tais como: cinzas volantes, escórias de cimento e sílica de fumo; minimização de desperdícios, ao produzir apenas a quantidade necessária para cada projeto e; reutilização dos resíduos de

demolições em pavimentações (CEMENT CONCRETE & AGGREGATES AUSTRÁLIA, 2010).

A eficiência energética associada à propriedade térmica do concreto é reconhecida como uma das mais importantes características deste material pois, ao absorver e reter o calor, o concreto reduz o consumo energético e promove o conforto. A sua reutilização também permite poupar recursos naturais devido a sua durabilidade (CEMENT CONCRETE & AGGREGATES AUSTRÁLIA, 2010).

3.1.2 Aço

O aço é visto como um material sustentável na construção civil devido a diversos fatores tais como: rapidez de execução, maior controle do processo industrial (digital), reutilização dos elementos, além de ser um material 100% reciclável, reduzindo assim desperdícios, custos e conseqüentemente impactos ambientais (CASTRO, 2012).

3.2 Estruturas de aço versus estruturas de concreto armado segundo enfoque ambiental

Horvath e Hendrickson (1998) apresentar em seu trabalho resultados de uma análise de inventário do ciclo de vida de vigas de pontes de aço e de concreto armado, materiais comumente utilizados

em projetos da superestrutura de pontes. Pontes de aço têm sido construídas por um período mais longo de tempo do que as pontes de concreto, sendo reutilizáveis e recicláveis no final de sua vida útil. Já para vigas de concreto, as opções têm sido quase sempre limitadas, no passado, à deposição em aterro. De acordo com os autores, as taxas de reutilização e reciclagem de vigas de aço economizam recursos e reduzem a poluição ambiental, porém na análise realizada salientam que muitos impactos não foram avaliados, o que poderia resultar em diferentes conclusões. Já o concreto parece ter menores efeitos ambientais em geral, porém também enfatizam que os resultados podem ser diferentes para outros projetos e que pode haver diferenças na vida útil esperada dos dois materiais, sendo portanto, para obtenção de resultados mais precisos, necessário verificar anualmente seus efeitos ambientais. As conclusões foram que talvez não seja tão relevante a durabilidade dos materiais, pois as pontes podem ser desativadas muito antes de falharem estruturalmente e por isso devem ser construídas a partir de materiais que causem o menor impacto ambiental.

Johnson (2006) utilizou o método ACV para comparar os impactos ambientais gerados pela indústria da construção de aço e de concreto. A análise foi realizada em um edifício comercial na

cidade de Boston, sendo considerados os sistemas de produção e os fluxos de todos os materiais envolvidos de modo a quantificar os impactos em termos de consumo de energia, emissões atmosféricas nocivas, esgotamento dos recursos naturais e aquecimento global. Com base nos resultados obtidos o estudo conclui que o aço é o material de construção mais sustentável na fase de pré-uso da edificação, apresentando baixos valores de emissões de CO₂ e esgotamento de recursos, porém o autor afirma que o melhor material também causa impacto sobre o ambiente.

Peyroteo, Silva e Jalali (2007) realizaram uma análise de modo a avaliar os impactos ambientais e econômicos provocados pela produção dos materiais necessários na execução de uma estrutura de concreto armado e de uma estrutura metálica. O estudo foi realizado em um edifício residencial com foco principal em um dos pórticos do edifício sendo constituído por quatro pilares e uma viga contínua de três vãos, situado em Guimarães. A metodologia utilizada para a avaliação foi a ACV. Os autores concluíram que a estrutura metálica consome aproximadamente quatro vezes mais energia que a estrutura de concreto armado, consome maiores quantidades de água e apresenta valores elevados de dióxido de carbono e óxido nitroso,

levando vantagem apenas com relação às emissões de dióxido de enxofre, sendo, portanto, o concreto armado a estrutura menos nociva ao meio ambiente.

Silva (2008) realizou um estudo de caso considerando três materiais construtivos diferentes: o concreto, o aço e a madeira, para posteriormente realizar uma comparação e verificar qual processo é menos impactante ao meio ambiente. A ferramenta utilizada para a avaliação ambiental foi o programa *Athena*, no sentido de avaliar o ciclo de vida e o impacto de um edifício unifamiliar a ser construído em Aveiro, analisando-se desde o início até o fim do seu ciclo de vida. Os resultados obtidos permitiram à autora concluir que a solução construtiva de madeira é a solução mais adequada do ponto de vista ambiental, com menor consumo de energia e de materiais, emitindo menores quantidades de poluentes gasosos e gerando menores quantidades de resíduos. A estrutura metálica apresentou-se como uma alternativa, trabalhando com materiais renováveis e garantindo um bom desempenho energético. Já o concreto, foi comprovado neste estudo não ser a melhor solução com relação às questões ambientais.

Segundo Denilson e Halligan (2010), comparando-se o aço com o concreto em

termos de energia incorporada, verifica-se que os componentes de cimento do concreto necessitam de maior energia para sua produção do que o aço, porém as estruturas em concreto permitem o aproveitamento das suas propriedades térmicas, por isso ao se explorar o atraso térmico do mesmo, pode-se reduzir significativamente a demanda de energia de um edifício ao longo da sua vida útil. Em termos de benefícios ambientais, os autores concluíram que em um único estudo não é possível analisar todos impactos ambientais.

Garcia et al. (2010) avaliaram o elemento estrutural pilar, através da Análise do Ciclo de Vida (ACV), comparando um pilar de perfil de aço laminado com um pilar em concreto armado moldado *in loco*, pertencentes a uma edificação na cidade de Belém, no estado do Pará. Os elementos analisados possuíam as mesmas funções estruturais, tais como, carregamento, vão, pé-direito e resistência ao fogo, porém apresentavam características geométricas diferentes. Dentre as etapas, os autores limitaram o estudo entre as etapas de fabricação dos componentes do pilar, transporte e aplicação do componente na edificação. Para tal avaliação foi utilizado o *software* Simapro para realização do inventário e da ACV, levando em conta os dados disponíveis. Com os resultados obtidos, os

autores verificaram que o pilar em concreto apresentou melhor resultado ao considerar a extração, a fabricação do material, o transporte e a aplicação à obra; o pilar em aço foi o que contribuiu com a maior parte dos impactos ambientais.

Castro (2012) comparou duas estruturas representativas de dois materiais estruturais, o concreto e o aço, com formas distintas, mas com a mesma função estrutural. Foi realizado um balanço sustentável com enfoque nas três dimensões: ambiental, econômica e social, através da ACV de cada estrutura. Em uma primeira análise dos resultados, verificou que, dos doze estudos previamente realizados, cinco apontaram o concreto como material mais sustentável, outros cinco indicaram o aço com melhor desempenho e dois atribuíram um empate entre os materiais. Como resultado final do estudo, a autora concluiu que a estrutura em concreto armado apresentou um melhor desempenho, porém salienta que para uma maior precisão seria necessário realizar um número maior de exemplos considerando-se todas as tipologias de estruturas.

4. CONCLUSÕES

Dentre os sete trabalhos analisados, três apontaram o concreto armado como o material estrutural mais sustentável, outros dois apontaram o aço como material menos

nocivo ao meio ambiente e dois dos autores afirmaram que em um único artigo é difícil analisar todos os impactos ambientais e assumir qual material estrutural é quantitativamente mais sustentável, pois tratam-se de dois materiais com propriedades e vantagens totalmente distintos e que, dependendo da região ou país, os materiais podem apresentar custos de ciclo de vida bastante distintos tornando-se complexa a comparação entre os referidos sistemas estruturais.

Segundo os autores dos trabalhos pesquisados, devido ao assunto ser bastante complexo, é requerido um alto grau de detalhamento e uma análise rigorosa de cada um dos sistemas estruturais, de maneira a compreender o seu respectivo desempenho e, dessa forma, poder realizar uma correta afirmação de qual material é economicamente mais sustentável e tendo a consciência de que o melhor também causa um impacto significativo sobre o meio ambiente global. Por isso acredita-se que o melhor ainda é que a construção, independente do material adotado, funcione harmoniosamente no meio em que se insere, adotando uma postura positiva no que diz respeito ao ambiente, à economia e à sociedade e buscando a utilização racional dos recursos.

5. REFERÊNCIAS

- BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. **Avaliação do Ciclo de Vida dos Edifícios**. Impacte Ambiental de Soluções Construtivas, 2011.
- CASTRO, R. R. T. L. **Análise da Sustentabilidade de Estruturas: Aço vs Betão**. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2012.
- CEMENT CONCRETE & AGGREGATES AUSTRÁLIA. **Sustainable Concrete Buildings**. Concrete, The Responsible Choice, 2010.
- DENILSON J.; HALLIGAN C. **Building Materials and the Environment**. Leicester: Stephen George & Partners LLP, 2010.
- EUROPEAN CONCRETE PLATFORM. **Sustainable Benefits of Concrete Structures**. Bruxelas: **European Concrete Platform ASBL**, 2009.
- GARCIA, D. B.; RODRIGUES F. C.; AGUILAR, M. T. P. Avaliação de Ciclo de Vida de um elemento estrutural pilar em aço X pilar em concreto armado. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS, 2010, Florianópolis. **Anais do 2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida de Produtos e Serviços**. Florianópolis, 2010.
- HORVATH, A.; HENDRICKSON, C. Steel Versus Steel-Reinforced Concrete Bridges: Environmental Assessment. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 4, n. 3, 1998.

JOHNSON, T. W. Comparison of environmental impacts of steel and concrete as building materials using the Life Cycle. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2006, 156 p.

KIBERT, C. J. **Proceedings on the 1st International Conference on Sustainable Construction.** University of Florida Center For Construction, 1994.

MATEUS R. F. M. S. Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2004.

PEYROTEO, A.; SILVA M.; JALALI, S. Avaliação Ambiental Comparativa de Estruturas Metálicas e de Estruturas de Betão Armado. In: **Portugal SB' 05: Simpósio Ibero-Americano: O Betão nas Estruturas.** Coimbra, 2005, p. 129-136.

SIEBERS, R.; HUBAUER, A.; LANGE, J.; HAUKE, B. **Eco Efficiency of Structural Frames for Low Rise Office Buildings.** Concepts and Methods for Steel Intensive Building Projects ECCS – European Convention for Constructional Steelwork, 2012, p. 55-70.

SILVA, A. C. F. C. **Aplicação de Ferramentas de Análise do Ciclo de Vida na Sustentabilidade da Construção – Estudo de Caso.** Universidade de Aveiro – Departamento de Engenharia Civil, 2008.