

Ferramenta para avaliação da sustentabilidade ambiental na fase de execução de edifícios no Distrito Federal

Jorge Antonio da Cunha Oliveira (UnB – DF/Brasil) - jcunha@unb.br
• Depart. de Engenharia Civil e Ambiental, Campus Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília-DF
Rosa Maria Sposto (UnB – DF/Brasil) - rmsposto@unb.br
Raquel Naves Blumenschein (UnB – DF/Brasil) - raquelblum@terra.com.br

RESUMO O setor da construção civil tem buscado, nos dias atuais, maior responsabilidade ambiental, por meio de ações sustentáveis, visando à redução dos impactos ambientais e à preservação dos recursos naturais. Na fase de execução de edificações, maior sustentabilidade ambiental pode ser alcançada com a redução do consumo de recursos de materiais, energia e água, além do volume de resíduos gerados. Algumas estratégias de gestão ambiental podem ser aplicadas nesta fase; paralelamente a estas estratégias, metodologias de avaliação de desempenho ambiental também são recomendadas. Desse modo, baseado nos critérios de classificação do sistema “Alta Qualidade Ambiental (Aqua Brasil)”, foi elaborado um *software* denominado ECO OBRA, para avaliar a sustentabilidade ambiental na execução de obras. O *software* foi aplicado em empresas construtoras de Águas Claras – Distrito Federal. Diante dos resultados alcançados, destacam-se, entre outros, que o ECO OBRA pode propiciar, de forma rápida, a avaliação da sustentabilidade em um canteiro de obras, por se tratar de um auto-aplicativo, com pesos nas respostas para cada grupo avaliado, demonstrando onde estão ocorrendo as falhas quanto à gestão ambiental. Além disso, a visualização e a emissão de relatório com a pontuação de cada grupo propiciam uma análise direcionada aos pontos negativos e, com isso, podem ser aplicadas estratégias de redução dos impactos.

Palavras-chave Construção civil; Resíduos; Impactos ambientais; Sustentabilidade

ABSTRACT *The search for environmental responsibility through sustainable action has also affected sectors such as construction, and intends to reduce environmental impacts and ensure the preservation and renewal of natural resources. Considering the production of buildings, and the construction process, one of the largest impacts at construction sites is the volume of waste. In addition to that, there is a need for minimizing the consumption of resources such as materials, energy and water, aiming at greater environmental sustainability. Some environmental management strategies can be applied at this stage, and together with these strategies, methodologies for assessing environmental performance of construction works are also recommended. Therefore based on the classification criteria of Aqua Brazil a software called ECO OBRA has been produced to assess environmental sustainability of a construction process. The software has been tested by construction companies building in Aguas Claras - Distrito Federal. The results achieved include, among others, that ECO OBRA may provide a faster sustainability assessment in a construction site, since it is a self-application tool with weights in response for each evaluated group. It shows where the failures are occurring related to environmental management. Furthermore, the visualization and release of the report with the score for each group provide an analysis directed to negative points and thus impact reduction strategies can be applied.*

Keywords *Civil Construction; Waste; Environmental Impacts; Sustainability*

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem gradativamente buscando maior sustentabilidade, não apenas com a intenção de cumprir aspectos legais, mas também de assumir sua parcela de responsabilidade ambiental. Nos últimos anos, observa-se a crescente adoção de práticas ambientalmente corretas por algumas empresas, com ações que vão desde a aplicação do cimento com menores teores de calcário à substituição do amianto na fabricação de telhas, além do uso racional da água em bacias sanitárias e torneiras. O que se vê é uma lenta, mas segura confirmação de que o setor está tentando aderir às exigências ambientais e, como consequência, a um modelo de gestão que incorpore esses elementos, ou seja, a Gestão Ambiental.

Partindo-se da hipótese de que a Gestão Ambiental pode contribuir para aumentar o sucesso empresarial e a vantagem competitiva das empresas que a adotam, proporcionando a essas organizações resultados tangíveis (eficiência operacional) e intangíveis (valor de marca e reputação), este trabalho busca, além de atingir os objetivos propostos, chamar a atenção para a importância da Gestão Ambiental, como fator de sucesso e competitividade das empresas de médio e grande porte do setor de construção civil.

Nesta premissa, reduzir o consumo dos recursos naturais disponíveis, buscando maior sustentabilidade, e minimizar os impactos ambientais gerados pela atividade construtiva, certamente configuram-se em uma vantagem competitiva para as empresas deste segmento. Além de se inserirem no *rol* das empresas mais sustentáveis, poderão, de certo modo, diminuir o custo das obras e, possivelmente, alavancar sua rentabilidade.

A sustentabilidade é um conceito sistêmico, que engloba os aspectos econômicos, aspectos sociais, culturais e ambientais; neste trabalho, serão focados apenas os aspectos ambientais, voltados para a fase de execução de edificações, que é materializada por meio de várias ações no canteiro de obras.

Apesar da extensão e da diversidade territorial nacional, o universo deste trabalho foi delimitado em empresas construtoras de Águas Claras, Distrito Federal (DF). Este bairro atualmente possui o maior número de empreendimentos, referentes a edificações residenciais verticais, em fase de execução e em fase de concepção de projetos, comparativamente com alguns bairros novos no DF, tais como o Noroeste, entre outros. Estas edificações possuem de quinze a trinta pavimentos, incorrendo em impactos diversos, que vão desde a quantidade de bota fora até a geração final de perdas de materiais durante a fase de execução. A maior parte destas empresas emprega processos convencionais e, por esta razão, grandes quantidades de insumos (materiais, água e energia) são consumidos, gerando perdas e, conseqüentemente, impactos ambientais negativos.

Este trabalho tem como objetivo propor uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade ambiental de edifícios na fase de execução (canteiro de obras). Esta ferramenta foi desenvolvida em forma de *software* e foi denominada pelos autores por ECO OBRA.

2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NA FASE DE EXECUÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Os impactos ambientais provocados pela construção civil, em suas diversas fases, representam um grande prejuízo para a ordem ambiental, o que justifica a busca e o estabelecimento de metas para o alcance da maior sustentabilidade nos seus processos.

Segundo Majdalani (2006), a construção sustentável tem sido um caminho para a indústria da construção civil, tendo em vista os problemas ambientais, socioeconômicos e as questões culturais. Ainda sobre construção sustentável, Rovers (2001) afirma que ela pode ser considerada em três níveis: construções atentas ao meio ambiente, construções sustentáveis e vida sustentável.

O alcance da sustentabilidade depende do estabelecimento de um consenso a respeito da contribuição de cada setor produtivo, inclusive do setor da construção civil (ZIMMERMANN *et al.*, 2005). Convencionalmente, a indústria da construção possui como referência apenas o triângulo de custo, qualidade e tempo. Porém, o tamanho e a complexidade dessa cadeia produtiva, incluindo a quantidade de recursos que utiliza (cada vez mais escassos) e sua interferência no meio ambiente, são evidências de que é necessário mudar o paradigma e passar a considerar os fatores ambientais, também como relevantes (BLUMENSCHIN, 2004).

Em 2002, o CIB (*International Council for Research and Innovation in Building and Construction*) e a UNEP-IETC (*United Nations Environment Programme – International Environmental Technology Centre*) publicaram a Agenda 21 para Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento, focando as suas características particulares e os esforços necessários para se alcançar o desenvolvimento sustentável na construção, por meio de princípios aplicados a todo o ciclo de construção: extração e beneficiamento de materiais, planejamento, projeto e execução até a demolição final do edifício e gestão dos resíduos gerados.

Quanto à sustentabilidade ambiental na fase de execução do edifício, observa-se que ela tem sido pouco estudada, apesar da sua importância, principalmente em relação à geração de resíduos.

As instalações provisórias e a produtividade diária dos canteiros de obra, parte da fase de execução, influenciam a geração de perdas, podendo, quando bem planejadas e executadas, conduzir a uma maior economia e redução dos impactos ambientais.

Resende (2007) afirma ainda, que pelo fato do método utilizado na fase de execução ser, no Brasil, predominantemente do tipo convencional, ou seja, caracterizar-se pela produção manual, longo tempo de produção e pouco controle no processo de execução, há grande consumo de recursos e grande geração de resíduos e poluição, além de impactos à região onde está inserida e aos profissionais que nela trabalham.

Entre os aspectos ambientais do canteiro de obras que causam esta poluição e impactos, estão a geração de resíduos perigosos, a emissão de ruídos, a emissão de vibração, o lançamento de materiais fragmentados e a emissão de material particulado (CARDOSO e ARAÚJO, 2007).

Analisando-se o ciclo do canteiro, podem ser consideradas as seguintes etapas:

1. A primeira, de entrada, onde se tem recursos tais como matéria-prima, água, energia, meio ambiente, mão de obra e equipamentos;
2. A segunda etapa, de execução ou de transformação, onde se tem recursos transformados e;
3. A terceira etapa, a saída, onde temos o edifício.

Na etapa de execução ou transformação, serviços ou trabalhos, tais como instalações provisórias, formas e movimentação de materiais são necessários, mas não produtivos, já que não agregam valor ao produto. Nesta etapa, bem como em outras etapas anteriores, tais como a de projeto, devem ser aplicados princípios de racionalização, buscando minimizar a geração de impactos ambientais (resíduos, efluentes, emissões). Além disto, a especificação de materiais renováveis, que tenham resíduos incorporados ou que tenham uma maior vida útil, também é necessária.

Uma das maneiras de incentivar a busca pela maior sustentabilidade na fase de execução é a adoção de sistemas de avaliação e classificação do seu desempenho ambiental, buscando fornecer uma orientação ao mercado, quanto ao desempenho esperado.

Dessa forma, diversos países desenvolveram metodologias que cobrem fases ou aspectos do empreendimento, desde suas relações com o sítio onde está implantado, até saúde e conforto dos usuários, incluindo preocupações como escolha de materiais, economia de energia e de água, poluições e incômodos (CARDOSO, 2006).

Segundo Gehlen (2009), para a implantação de um canteiro sustentável, há necessidade da realização de algumas ações e/ou práticas, tais como:

- a) Projeto de gestão ambiental;
- b) Compra responsável;
- c) Relação com a comunidade;
- d) Gestão de saúde e segurança ocupacional;
- e) Projeto de gestão de qualidade;
- f) Redução das perdas e de materiais;
- g) Gestão de resíduos sólidos;
- h) Uso e ocupação do solo (implantação do canteiro);
- i) Consumo de água;
- j) Consumo de energia e transporte;
- k) Conservação de fauna e flora local; e
- l) Educação dos colaboradores (intrínsecos aos demais itens).

Dessa forma, um canteiro de obras sustentável deve ter responsabilidade social e possuir uma administração eficiente de seus recursos naturais e humanos. A adoção de um sistema de produção mais limpa pode ser um dos caminhos para o gerenciamento dos recursos naturais, uma vez que minimiza os impactos e a poluição ambientais.

O compromisso com o desenvolvimento humano e com a sociedade, que significa um melhor relacionamento com os operários da obra, com os fornecedores, com os empreiteiros e com a comunidade em que a obra está inserida, também faz parte da sustentabilidade no canteiro de obra.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Baseado nos critérios de classificação Referencial Técnico de Certificação do Alta Qualidade Ambiental (AQUA BRASIL, 2007), que avalia a Qualidade Ambiental do edifício em 14 categorias (conjuntos de preocupações), foi elaborado um *software*, denominado ECO OBRA, visando à avaliação da sustentabilidade ambiental e econômica de um empreendimento, considerando-se seis categorias e duas famílias (Eco-construção e Gestão), conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias da Qualidade Ambiental do Edifício.

| |
|--|
| Eco-construção |
| Categoria nº 1: Relação do edifício com o seu entorno (Grupo 1) |
| Categoria nº 2: Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos (Grupo 2) |
| Categoria nº 3: Canteiro de obras com baixo impacto ambiental (Grupo 3) |
| Gestão |
| Categoria nº 4: Gestão da energia (Grupo 4) |
| Categoria nº 5: Gestão da água (Grupo 5) |
| *Categoria nº 6: Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício (Grupo 6) |

* O grupo 6 foi adaptado para Gestão de Resíduos durante a fase de execução de edifícios.

Fonte: Adaptado do AQUA.

Para desenvolver esse *software*, utilizou-se um padrão metodológico capaz de atingir à meta final, que é qualificar e propor soluções para cada obra em análise.

O padrão utilizado é o *Rational Unified Process* (RUP-IBM), composto de um sistema cíclico, sendo que em cada ciclo são executadas 4 fases: de Concepção; de Elaboração; de Construção e de Transição.

A fase de concepção contém os esquemas de trabalho necessários para atender as partes interessadas (*stakeholders*), levantando os objetivos, as metas, as arquiteturas possíveis e o planejamento do projeto em si. Na fase de elaboração, são discutidos os ajustes necessários que devem ser implantados, assim como as previsões de expansão do sistema, dando-lhe atributos de escalabilidade, com foco na arquitetura do produto. Na construção, procede-se ao desenvolvimento do código de fato, assim como a apresentação de protótipos para análise dos efeitos do seu uso, lançamento de versões de testes *alfa e beta*. E na fase de transição, ocorre a entrega do produto em linha de produção, já podendo ser utilizado como *software* completo, é o *deployment* do *software*. Segundo as especificações RUP, esta fase também se constitui uma fase de ligação com as interações futuras, oferecendo novos produtos (*releases* ou versões) até que ocorra a satisfação do cliente.

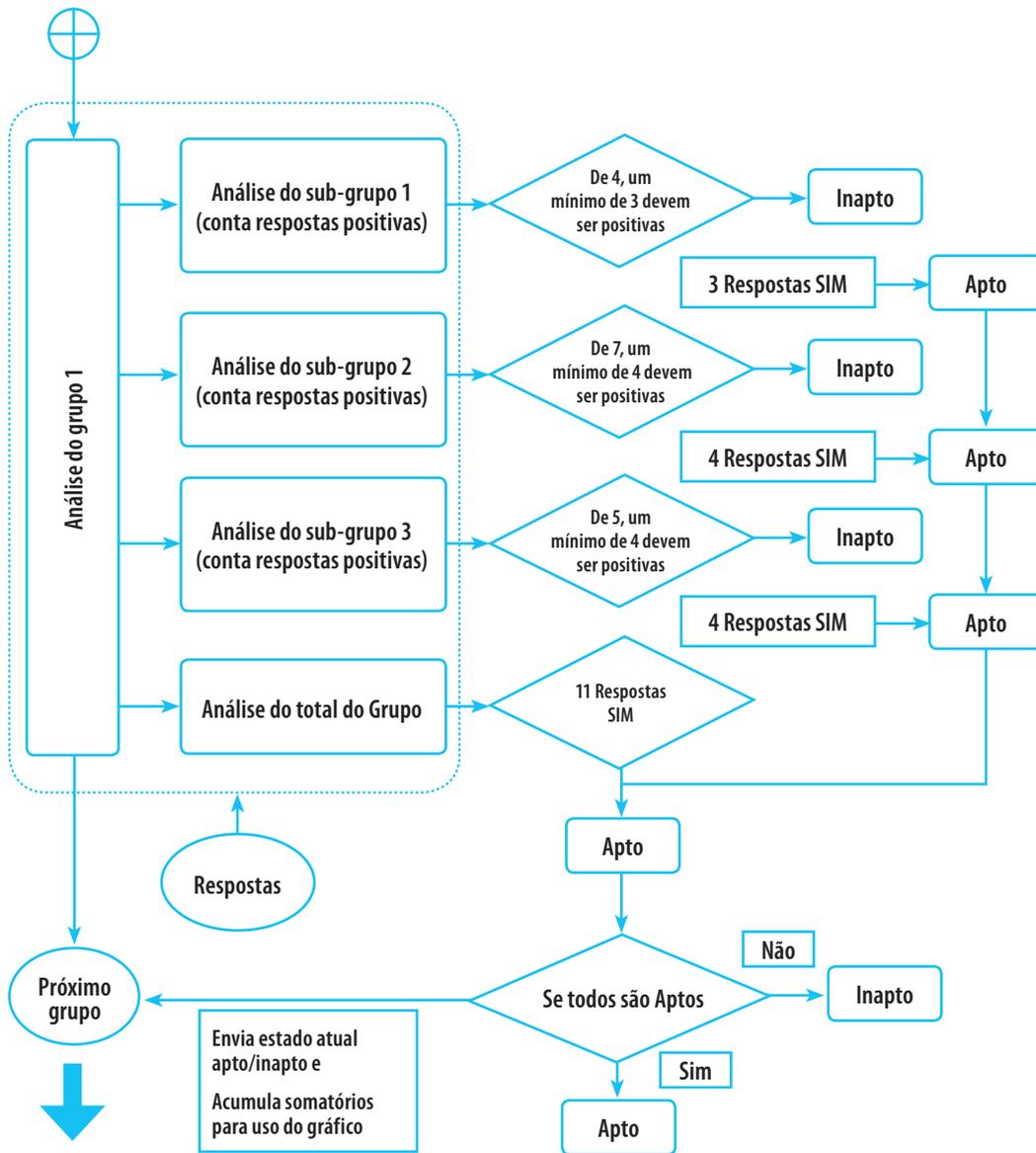
A elaboração do primeiro protótipo aponta para a necessidade de escalabilidade e modularidade, dadas as diferentes formas de utilização, seja via *web* ou via console de computador e a diferentes tipos de armazenamento dos dados básicos, que depois de controlados, se transformarão em informações úteis, o que leva a um modelo de arquitetura tipo Modelo, Visão e Controle (MVC).

O controle de métricas é o núcleo do sistema, onde, uma vez coletadas as informações, são aplicados filtros e regras que colocarão a obra analisada em um *status* que aponta as possibilidades de atender os pré-requisitos para uma obra mais sustentável, como também as falhas e os pontos fortes encontrados em campo.

Na Figura 1 é apresentado o fluxograma de execução do programa ECO OBRA para um dos grupos avaliado, onde pode ser observado o funcionamento de classificação de apto ou inapto, em relação à sustentabilidade.

Após a avaliação de cada grupo, o *software* ECO OBRA realiza uma análise geral e classifica o canteiro de obra em relação à sua sustentabilidade ambiental.

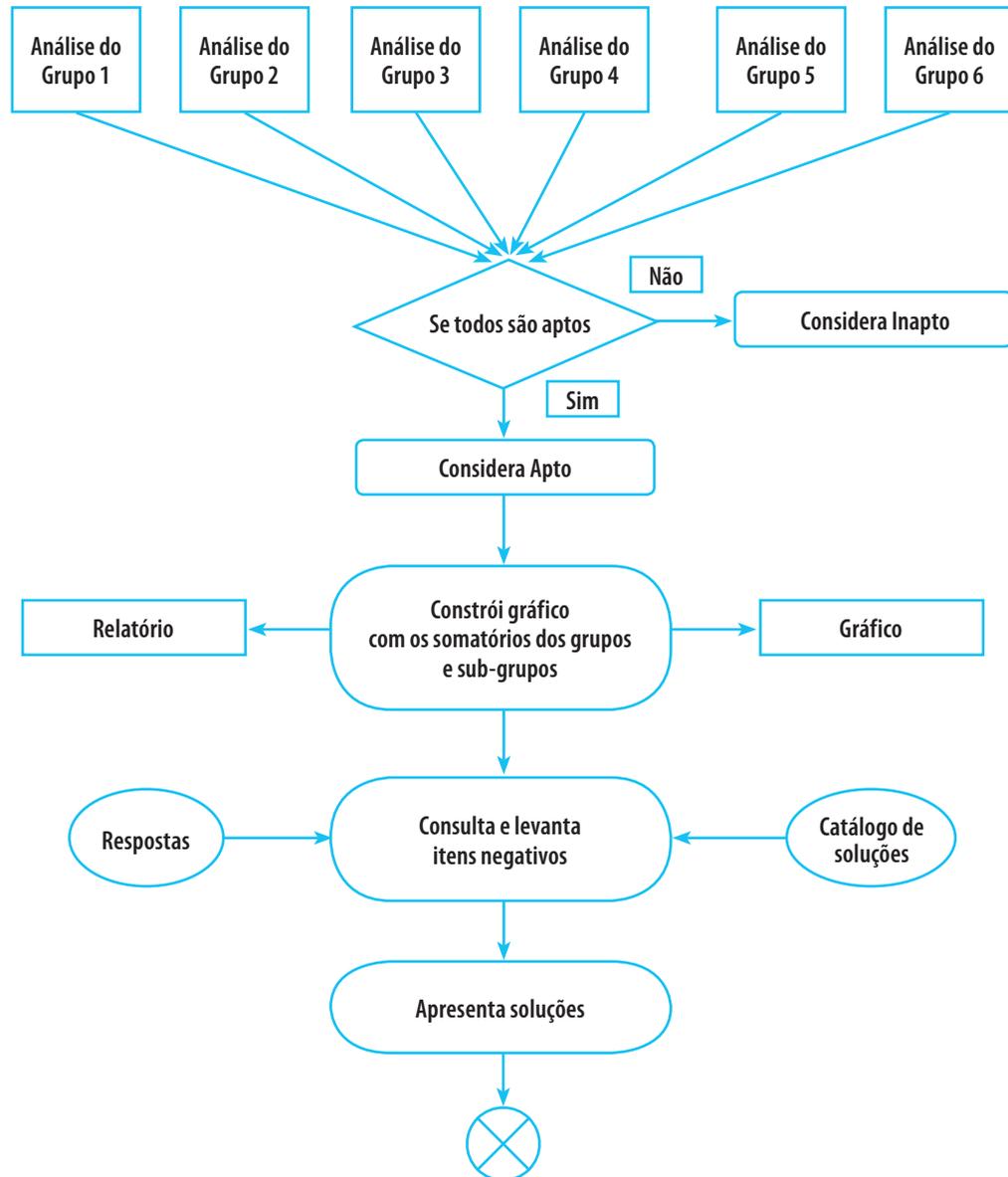
Figura 1 – Fluxograma de Avaliação e Classificação de cada Grupo do ECO OBRA



Fonte: Autores

Na Figura 2 é apresentado o fluxograma geral de execução do ECO OBRA.

Figura 2 – Fluxograma Geral do programa ECO OBRA.



Fonte: Autores.

Para a análise, considerou-se cada categoria classificada como I (insuficiente), B (bom), S (superior) e E (excelente), conforme notas de 5,0 a 10,0.

O ECO OBRA pode, ainda, fornecer a classificação da sustentabilidade ambiental por meio de gráficos do tipo aranha ou colunas, conforme apresentado nos resultados.

Em seguida, procede a emissão de um relatório *online*, que aponta as falhas do canteiro que estão prejudicando a classificação da empresa, em relação à sustentabilidade ambiental.

Após a verificação dos pontos negativos apresentados nos resultados gráficos do ECO OBRA, é possível determinar quais as estratégias e medidas que podem ser aplicadas para tornar o canteiro de obras mais sustentável.

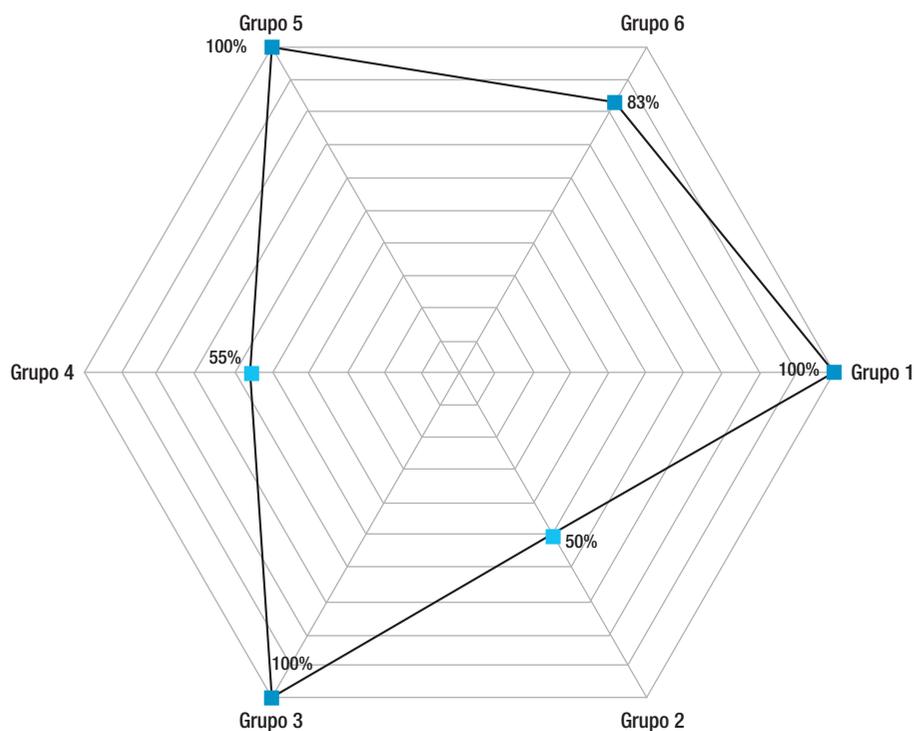
4. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Para testar o ECO OBRA, foram coletados dados em empresas construtoras, junto aos responsáveis pelos canteiros selecionados para estudo de caso no trabalho (Engenheiros Residentes, Supervisores de Obras e Diretores). Foram aplicadas perguntas, por meio de um *check list*. Os principais critérios adotados para seleção das empresas e dos canteiros foram: a) possuir Sistema de Gestão da Qualidade e certificação ISO 9000; b) utilizar sistemas convencionais para a execução de serviços e c) estarem na mesma fase de execução.

Na Figura 3, são apresentados os resultados obtidos da Empresa 1, onde se observa a sua despreocupação com o sistema construtivo a ser aplicado no canteiro de obra. Caso tivesse optado por sistemas construtivos que gerassem menos impactos ambientais, a sua pontuação seria dentro da média escolhida para ser considerada sustentável, conforme o percentual apresentado para o Grupo 2.

Em relação à gestão de energia (Grupo 4), observa-se que esta empresa apresentou somente uma alternativa de redução do consumo de energia elétrica, por meio de palestra de conscientização dos funcionários, que, por si só, não é suficiente.

Figura 3 – Resultados obtidos na Empresa 1.



Fonte: Autores.

Em seguida, foi gerado o relatório *online* que aponta as falhas do canteiro (Tabela 1) que estão prejudicando a classificação da empresa, em relação à sustentabilidade ambiental.

Tabela 1 – Relatório com resultados dos grupos e classificação geral quanto à sustentabilidade da Empresa 1.

| Grupos | % de Aproveitamento | Resultado |
|--|---------------------|----------------------------------|
| Grupo 1 - Relação do edifício com o seu entorno | 100 % | 16 Pontos acima do limite mínimo |
| Grupo 2 - Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos | 50 % | 9 Pontos abaixo do limite mínimo |
| Grupo 3 - Canteiro de obras com baixo impacto ambiental | 100 % | 7 Pontos acima do limite mínimo |
| Grupo 4 - Gestão da energia | 55 % | 5 Pontos abaixo do limite mínimo |
| Grupo 5 - Gestão da água | 100 % | 6 Pontos acima do limite mínimo |
| Grupo 6 - Gestão dos resíduos durante a fase de execução dos edifícios. | 83 % | 5 Pontos acima do limite mínimo |
| Resultado Total de 77%: Obra Inapta | | |

Fonte: Autores.

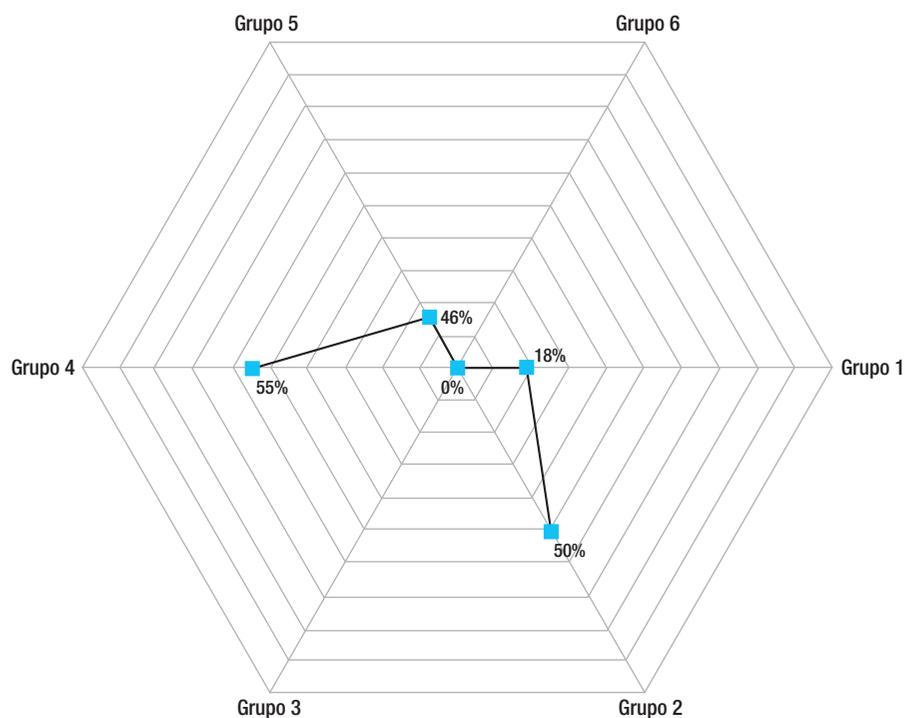
Após a verificação dos pontos negativos apresentados nos resultados gráficos, é possível determinar quais as estratégias e medidas que podem ser aplicadas, para tornar o canteiro de obra mais sustentável.

Na Figura 4 e no Quadro 2 são apresentados os resultados obtidos na Empresa 2.

Observou-se que esta empresa não possui um controle ambiental adequado, gerando uma obra inapta. Os resultados mais negativos foram para os Grupos 3 e 6, que tratam do Canteiro de obras com baixo impacto ambiental e Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício.

Os resultados do ECO OBRA são de fácil visualização e interpretação, conforme dito anteriormente, o que facilita a empresa a tomar uma atitude que possa reverter a nota negativa do seu canteiro de obra.

Figura 4 – Resultados obtidos na Empresa 2.



Fonte: Autores

Tabela 2 – Relatório com resultados dos grupos e classificação geral quanto à sustentabilidade da Empresa 2.

| Grupos | % de Aproveitamento | Resultado |
|---|---------------------|----------------------------------|
| Grupo 1 - Relação do edifício com o seu entorno | 18 % | 3 Pontos Abaixo do limite mínimo |
| Grupo 2- Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos | 50 % | 9 Pontos Abaixo do limite mínimo |
| Grupo 3- Canteiro de obras com baixo impacto ambiental | 0 % | 0 Ponto Acima do limite mínimo |
| Grupo 4 - Gestão da energia | 55 % | 5 Pontos Abaixo do limite mínimo |
| Grupo 5- Gestão da água | 16 % | 1 Ponto Abaixo do limite mínimo |
| Grupo 6 - Gestão dos resíduos durante a fase de execução dos edifícios. | 0 % | 0 Ponto Abaixo do limite mínimo |
| Resultado Total de 29 %: Obra Inapta | | |

Fonte: Autores

Similarmente à Empresa 1, a obra da Empresa 2 é inapta para o alcance da sustentabilidade no seu atual estágio de gestão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ECO OBRA pode propiciar uma avaliação da sustentabilidade ambiental em um canteiro de obra, por se tratar de um auto-aplicativo com pesos nas respostas para cada grupo avaliado, e assim, demonstrar para as empresas construtoras onde estão ocorrendo as falhas quanto à gestão ambiental. A visualização e a emissão do relatório com a pontuação de cada grupo propiciam uma análise direcionada nos pontos negativos e, com isso, podem ser aplicadas estratégias de redução dos impactos.

Os resultados obtidos com a aplicação do ECO OBRA no grupo de empresas selecionado mostram que os impactos ambientais negativos não foram controlados ou minimizados e a preservação do meio ambiente para gerações futuras ainda não é uma prioridade. Deste modo, as duas empresas foram consideradas inaptas.

Em relação à gestão, podem ser apontados os resultados críticos, obtidos para os Grupos 4 e 5 (Gestão de água e de energia). Como estratégias para estes grupos, Sposto e Oliveira (2008) indicam a captação de águas pluviais, a utilização de águas cinza e a instalação de mecanismo de redução de consumo de água nas torneiras. Estes autores concluem que a aplicação desta estratégia, em Águas Claras, proporciona uma redução de até 50% do consumo de água da concessionária local. Além disto, outras estratégias simples de serem implantadas se resumem ao uso de lâmpadas econômicas com sensores de presença, telhas translúcidas nas instalações do canteiro e aparelhos de *timer* nas betoneiras, para controlar o tempo de batimento das argamassas e concretos. Na pesquisa realizada, não ocorreram estas estratégias, exceto no caso de sensores de presença.

E por fim, observa-se que, para as construtoras, as realizações de iniciativas e de estratégias de redução dos impactos ambientais trazem benefícios à sua imagem, ligando-as a questões relacionadas a problemas ambientais e da sociedade.

Além disso, com base nos resultados da avaliação, as empresas fortalecem os seus processos de aprendizado, tendo a oportunidade de implantar boas práticas no processo construtivo, contribuindo para a mudança de paradigmas no processo de produção do ambiente construído.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio fornecido para a realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alta Qualidade Ambiental AQUA – **Processo para Edifícios escolares. Referencial Técnico de Certificação.** São Paulo, 2007.

BLUMENSCHIN, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção.** 2004. 248f. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

CARDOSO, F. F.; ARAÚJO, V. M. **Levantamento do estado da arte: Canteiro de Obras.** Projeto Finep 2386/04: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo, 2007. 38p. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br>

CARDOSO, F. F. Redução de impactos ambientais dos canteiros de obras: exigências das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios. *In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: A Construção do Futuro*, XI, 2006, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis; ANTAC, 2006. CD-ROM.

GEHLEN, J. **Construção da Sustentabilidade em canteiros de obras – Um estudo no DF.** 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB) – **A discussion document: Developing countries.** CIB-UNEP-ITEC, South Africa, 2002. 83 p.

MAJDALANI Z. Sustainability in the construction industry: a Lebanese case study. **Construction Innovation**, v.6, p. 33-46. 2006.

RESENDE F. **Poluição atmosférica por emissão de material particulado: Avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios.** 2007. 210 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ROVERS, R. Sustainable building: an international overview of current and future activities. *In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, XVIII; 2001, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: PLEA, 2001. CD-ROM.

SPOSTO, R. M.; OLIVEIRA, J. A. C. Estratégias De Gestão Ambiental Em Canteiros De Obras De Empresas Construtoras. **Instalações Prediais**, v. 9, p. 36-39, 2008.

ZIMMERMANN, M.; ALTHAUS.H-J; HAAS, Benchmarcks for sustainable construction: a contribution to develop a standard. **Energy and Building**, v 37, p. 1147-1157, 2005.

