

Artigos técnicos

Indicadores ambientais em canteiros de obras: estudo de caso

Luciana Alves de Oliveira*, Fabiana da Rocha Cleto, André Delfino Azevedo, Luiz Fernando Batista da Silva, Cláudio Vicente Mitidieri Filho e Ercio Thomaz

Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil

* E-mail: luciana@ipt.br

Resumo

Um das ações para redução do impacto ambiental do setor da construção civil pode ser a seleção de tecnologias de construção mais sustentáveis e de processos de execução mais otimizados, principalmente quanto ao consumo de água e de energia, e de geração de resíduos. Nesse sentido, o Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos (LCSC) do IPT desenvolveu um projeto interno de capacitação técnica, visando propor um método para sistematizar a coleta de dados na fase de execução de um empreendimento e subsidiar o cálculo de indicadores ambientais. Para tanto, além do levantamento bibliográfico, foram desenvolvidos seis estudos de casos. O objetivo desse artigo é apresentar a compilação dos resultados obtidos com o caso N° 6 (referente à coleta de indicadores ambientais em canteiros de obras), o qual foi realizado para validar e aprimorar o método. Trata-se de um empreendimento já concluído, o que possibilitou a análise de todas as fases da obra, consultando-se a documentação técnica solicitada. Foi feita uma análise comparativa entre o cronograma físico de execução da obra e os diversos aspectos ambientais, além do cálculo dos principais indicadores ambientais. Conclui-se que o estudo propiciou nova capacitação à equipe do LCSC-IPT, permitindo a aplicação do método desenvolvido a outras obras, buscando referências para o setor da construção e aprimoramento da forma de obtenção de indicadores ambientais. Também foram identificados benefícios para as construtoras que, ao terem conhecimento dos indicadores ambientais de seus canteiros de obras, podem otimizar seus procedimentos e recursos, reduzindo impactos ambientais e até mesmo obtendo economia de recursos.

Palavras-chave:
desempenho ambiental,
indicador ambiental,
sustentabilidade, construção
civil, canteiro de obra.

1. Introdução

A construção civil mundial, pela sua intensa atividade, demanda aproximadamente 40 % da energia e um terço dos recursos naturais. Também é responsável pela emissão de um terço dos gases de efeito estufa, pelo consumo de 12 % da água potável e pela produção de 40 % dos resíduos sólidos urbanos (ASIF; MUNEER; KELLEY, 2005; SECOVI-SP, 2014). No Brasil, segundo dado válido há mais de dez anos, cerca de 50 % da massa dos resíduos sólidos urbanos produzidos nas cidades são provenientes das atividades de construção ou demolição, (PINTO, 2005).

No viés social e econômico, a construção civil contrata mundialmente 10 % da mão de obra, sendo que o conjunto das atividades de construção movimenta, aproximadamente, 10 % do PIB global (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2009).

Assim, em razão do impacto do setor da construção civil, principalmente no meio ambiente, é imprescindível que várias ações sejam tomadas. Uma das ações pode ser a seleção de tecnologias de construção mais sustentáveis e de processos de fabricação e execução mais otimizados, no que diz respeito ao consumo de insumos, água e energia (aspectos ambientais).

Com relação ao processo de execução das edificações, o qual ocorre nos canteiros de obras, pode-se, por exemplo, quantificar os aspectos que de alguma forma impactam o meio ambiente. Para tanto, é importante que sejam criados indicadores ambientais que demonstrem o impacto de determinadas atividades que ocorrem nos canteiros de obras, permitindo-se inclusive estabelecer referências comparativas entre os diferentes materiais e tecnologias de construção.

Segundo Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (2008) e a própria ABNT NBR 14031 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), esses indicadores ambientais podem ser entendidos como parâmetros que fornecem informações a respeito de uma atividade, em relação aos fatores ambientais, possibilitando a realização de análises, conclusões e tomadas de decisões estratégicas. Assim, tais indicadores permitem avaliar comparativamente o impacto ambiental de um sistema produtivo com relação a diferentes aspectos ambientais, como por exemplo consumo de água, consumo de energia elétrica e geração de resíduos.

Atualmente, em razão de diversos fatores, como técnicos, econômicos ou de marketing, algumas construtoras vêm buscando coletar dados para calcular indicadores ambientais de suas atividades em canteiros de obras. Observa-se, porém, ser essencial que as informações sejam representativas, devendo ser realizadas de forma homogênea e com rastreabilidade, fazendo-se necessário desenvolver procedimentos sistematizados de coleta de dados, tarefa inerentemente difícil na fase de execução dos empreendimentos.

Com o intuito de desenvolver tais procedimentos, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), por meio dos pesquisadores do Laboratório de Componentes e Sistemas Construtivos (LCSC) - Centro Tecnológico do Ambiente Construído (CETAC) realizou um projeto interno de capaci-

tação técnica, com apoio financeiro da FIPT (Fundação de Apoio ao IPT). O objetivo desse projeto foi propor um método para sistematizar a coleta de dados na fase de execução de um empreendimento de construção, visando subsidiar o cálculo de indicadores ambientais para o respectivo canteiro de obras.

Para o desenvolvimento do método, além das bibliografias nacional e estrangeira, foi utilizado como estudo de caso um empreendimento habitacional (de padrão médio/alto), implantado por uma construtora de pequeno porte na região da Grande São Paulo entre os anos de 2012 e 2014 .

O objetivo do presente artigo é apresentar a compilação dos resultados obtidos com o caso N° 6, como a análise dos dados coletados e o cálculo dos respectivos indicadores ambientais, servindo como base para aplicação em outras obras e para o aprimoramento do método formulado.

2. Procedimento metodológico

Identificou-se, a partir do estudo das referências bibliográficas sobre o tema (nacionais e estrangeiras) e da experiência prática adquirida pelos pesquisadores do LCSC-IPT ao longo dos anos, com diversas inspeções técnicas realizadas em empreendimentos habitacionais, que ainda há a necessidade de aprimoramento de um método para coletar dados e calcular indicadores de desempenho ambiental em canteiros de obras.

Para o desenvolvimento do método proposto no projeto de capacitação técnica foram necessárias várias atividades, dentre elas a realização de estudos de casos, os quais foram divididos em dois tipos:

- estudos para prospectar informações disponíveis em canteiros de obras e para testes iniciais do método (foram realizados cinco estudos de caso desse tipo); e
- estudo para validação inicial do método (foi realizado um estudo de caso desse tipo).

A experiência obtida com os cinco primeiros estudos de caso foi essencial para identificar as principais dificuldades na coleta de dados e no cálculo dos indicadores ambientais durante as obras dos empreendimentos. Foi possível verificar, na prática, a real necessidade do setor da construção do segmento de edificações com relação à obtenção de indicadores ambientais e, além disso, constatou-se que existe uma série de problemas quando se faz a coleta dos dados no próprio canteiro de obras em apenas uma única visita técnica à obra.

Por isso, após a incorporação de diversas melhorias no método (provenientes do resultado da análise dos cinco primeiros casos) foi realizado um sexto estudo de caso, visando ao aprimoramento e validação do método. Para tanto, foi selecionado um empreendimento já concluído, o que tornou possível a análise de todas as fases da obra, por meio de consulta às documentações técnica e administrativa.

Assim, para a realização desse sexto estudo de caso, cujo resultado é o objeto desse artigo, foram realizadas as seguintes atividades:

- contato com a empresa construtora para solicitar os documentos necessários para a aplicação do método, desde o início até o término da obra, permitindo, assim, construir um histórico da execução da obra com os dados coletados;
- consulta aos documentos técnicos fornecidos pela construtora, como projetos, cronogramas de execução, memorial descritivo, planilhas quantitativas, contas de água e de energia elétrica;
- reuniões para entrevistas com o engenheiro residente da obra do empreendimento;
- visita à obra já em fase de término;
- análise dos dados coletados e compilação dos resultados do estudo de caso, visando o cálculo dos indicadores ambientais e o aprimoramento do método.

3. Resultados e discussão

São apresentados, nesse item, os procedimentos adotados para a coleta de dados e para o cálculo dos indicadores ambientais do sexto estudo de caso, conforme o método desenvolvido no projeto de capacitação técnica.

Os dados coletados referiram-se aos seguintes aspectos ambientais: consumo de energia elétrica; consumo de água; quantidade dos resíduos gerados no canteiro de obras; consumo de diesel proveniente do transporte de materiais e de resíduos; e quantidade e proveniência dos materiais empregados nos principais sistemas construtivos do empreendimento. Considera-se que os principais sistemas sejam fundação, estrutura e vedação vertical (vedo, revestimento e acabamento), pois representam as principais fases do processo de execução, em termos de custos e de volume / massa de materiais.

A aplicação do método parte do princípio de que a coleta dos dados para o cálculo dos indicadores ambientais considera o processo de execução do empreendimento e o cenário onde este processo ocorre, ou seja, no canteiro de obras. Assim, é importante que etapas de execução com altos consumos de água ou energia sejam identificadas nas análises, o que contribui para justificar pontos máximos ou mínimos de consumo.

Ressalta-se que, particularmente no processo de produção de um empreendimento, existem inúmeras interfaces e sobreposições entre as diversas etapas de execução, o que dificulta a análise de um sistema isolado (por exemplo, somente a vedação vertical). Portanto, considerou-se, nesse estudo de caso, a coleta de dados relativa a todo o período de execução do empreendimento.

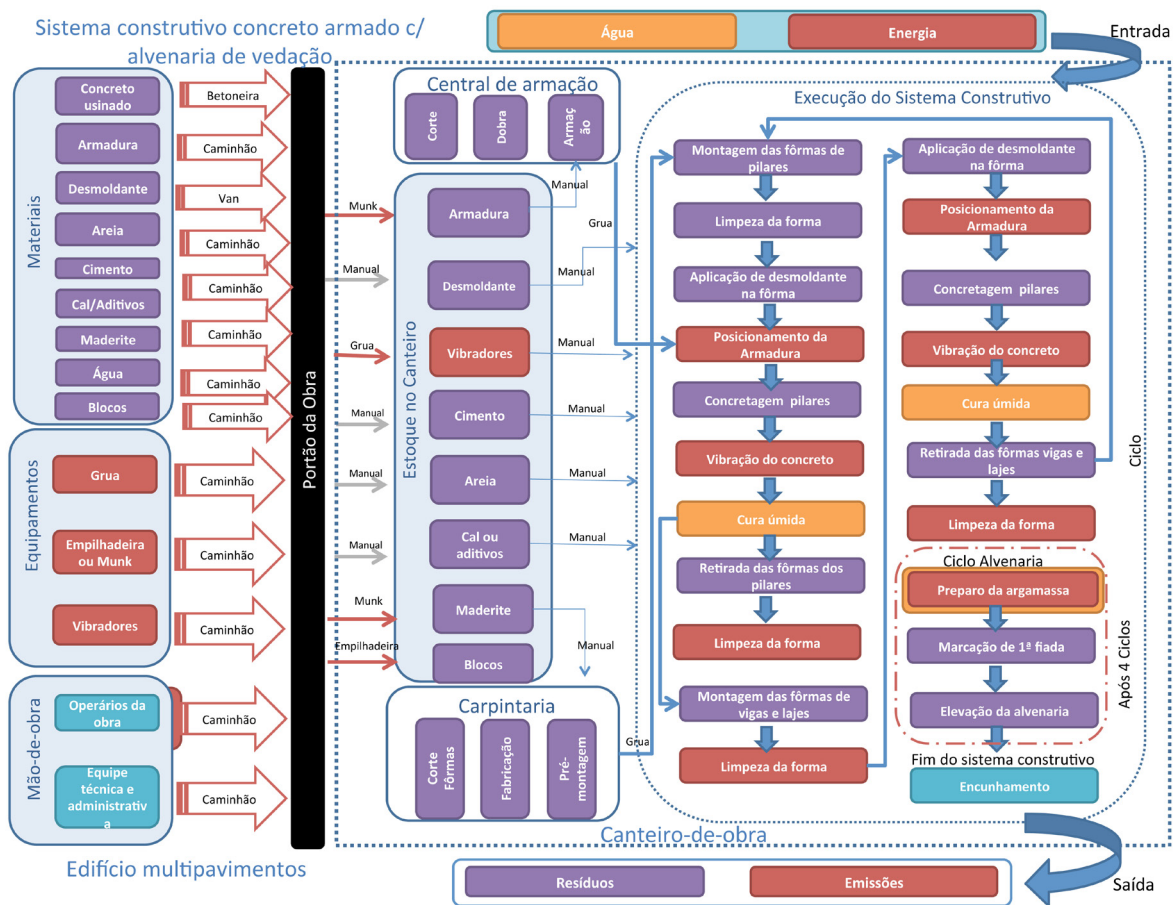
Para iniciar a aplicação do método, traça-se o perfil da empresa construtora e do empreendimento a ser estudado. Tais dados coletados permitem um futuro comparativo entre as empresas, quanto

a suas características e aos seus respectivos indicadores obtidos. Já para a caracterização do empreendimento propriamente dito, foram analisados os seguintes documentos: memorial descritivo, projeto arquitetônico (incluindo implantação no terreno), projeto arquitetônico de um pavimento-tipo e projeto arquitetônico de um apartamento. Esses dados auxiliam na análise e no cálculo dos indicadores, por exemplo, ao se utilizar o quociente de metro quadrado de área construída. O Quadro 1 mostra os principais dados da empresa e do empreendimento objeto do estudo de caso.

Quadro 1 – Dados gerais do empreendimento objeto do estudo de caso.

Perfil da empresa construtora	Perfil do empreendimento	Foto do empreendimento
<p>Negócio: incorporação e construção de empreendimentos habitacionais.</p> <p>Estrutura operacional: sede única, com divisão técnica de incorporação e construção.</p> <p>Mercados atendidos: empreendimentos localizados no Estado de São Paulo para média/alta renda.</p> <p>Porte da empresa: pequeno porte, com 30 funcionários fixos e subempreiteiros diversos.</p>	<p>Tipo de edificação: edifício residencial com 21 pavimentos-tipo (mais térreo e três sub-solos); 126 unidades (seis unidades por pavimento)</p> <p>Área do terreno: 3.294 m²</p> <p>Área construída total: 14.850 m²</p>	

Continuando com a coleta de dados gerais, para a identificação dos principais sistemas, componentes e materiais empregados na obra, foram analisados os seguintes documentos: projeto estrutural, projeto de modulação dos blocos nas paredes de vedação, procedimentos de execução, projeto executivo do sistema construtivo e documentos de controle da execução e de recebimento do produto acabado. Com esses dados de entrada, é possível calcular quantitativos de materiais, conhecer as principais etapas de execução da obra e algumas interfaces que possam influenciar na análise dos indicadores ambientais. Para ilustrar, a Figura 1 mostra um detalhamento do sistema de estrutura e vedação vertical do empreendimento, com os respectivos fluxos de entradas e saídas do canteiro de obras.



<p>Sistema: Estrutura convencional de concreto armado (pilares, vigas, lajes) e paredes de vedação em alvenaria de blocos de concreto.</p>	<p>Principais etapas de execução: Montagem das fôrmas e escoramento para concretagem da estrutura; Disposição/montagem de armaduras; Concretagem; Cura do concreto; Execução das alvenarias.</p>	<p>Principais materiais empregados: Concreto usinado; Aço; Blocos de concreto; Argamassa industrializada; Fôrmas de madeira e desmoldante.</p>
---	---	---

Figura 1 - Descrição de parte do principal sistema do empreendimento: estrutura e vedação vertical.

Quanto ao canteiro de obras do empreendimento, alguns dados podem ser relevantes, como a identificação de equipamentos que utilizam energia (combustível fóssil ou energia elétrica) e o período em que eles estão sendo utilizados. Assim, a empresa construtora deve disponibilizar os documentos de aquisição (compra ou locação) de equipamentos como grua, elevador tipo cremalheira, empilhadeiras, tratores e outros, permitindo-se analisar se existe influência do uso desses equipamentos no consumo de energia e no cálculo das emissões atmosféricas. Entretanto, no referido estudo de caso, não se teve acesso a esses documentos.

Também nesse sentido, pode-se verificar a influência do transporte de materiais e componentes, analisando-se o consumo de energia (combustível) para a entrega desses produtos no canteiro de obras no período de execução avaliado, conforme cronograma físico da obra. Para tanto, faz-se um levantamento dos quantitativos dos principais materiais e componentes utilizados no empreendimento (como blocos de concreto, aço, argamassa industrializada, etc.), por meio das notas fiscais, e identifica-se o tipo de transporte utilizado e a distância percorrida em cada entrega (considera-se a ida e a volta do meio de transporte, com consumo médio de combustível). Com isso, é possível calcular as emissões atmosféricas atribuídas a essas atividades. Entretanto, por ausência de alguns dados, essas análises não puderam ser realizadas de forma completa no presente estudo de caso e, portanto, não são apresentadas nesse artigo.

Assim, tem-se que os principais resultados desse estudo de caso devem-se à sistematização dos dados relativos aos aspectos de consumo de água, consumo de energia elétrica e geração de resíduos, bem como o cálculo dos seus respectivos indicadores ambientais, quais sejam: consumo de água (m^3) por m^2 de área construída; consumo de energia elétrica (kWh) por m^2 de área construída; e volume de resíduo (m^3) por m^2 de área construída. Com relação a indicadores de impactos ambientais, nesse estudo de caso, foi possível calcular as emissões de gases que geram o efeito estufa (kg de CO_2 equivalente por m^2 de área construída) relativos à energia elétrica e ao óleo diesel consumido com o transporte para retirada dos resíduos do canteiro de obras. A seguir, são apresentados os resultados.

Primeiramente, com relação ao consumo de água do empreendimento estudado, foram verificados dois meios de abastecimento de água para o canteiro de obras: via concessionária e, quando necessário, por caminhões pipa.

Conforme o método proposto, foram consultadas as contas de água emitidas pela concessionária (consumo mensal) e as notas fiscais de contratação de caminhões pipa no decorrer do período analisado. Também foram identificadas as principais atividades que utilizam água no processo de execução do empreendimento, relacionando-se o consumo de água com o cronograma físico de execução da obra. A partir da análise desses dados, foi possível representar em um gráfico o consumo de água (gráfico de linhas) durante as diferentes etapas de execução da obra (gráfico de barras), conforme Figura 2. Para cada mês, foram identificadas as atividades que estavam sendo executadas e, de acordo com o cronograma da obra, calculou-se a quantidade de dias daquele mês que foi dedicada a cada uma dessas atividades (identificadas por cores no gráfico de colunas). O valor de cada atividade apresentado no gráfico de barras representa um percentual de dias de execução dessa atividade (no mês) com relação ao total de dias de execução da obra. Ou seja, a referência é a duração do tempo de execução da atividade e não a produção real daquela atividade no mês.

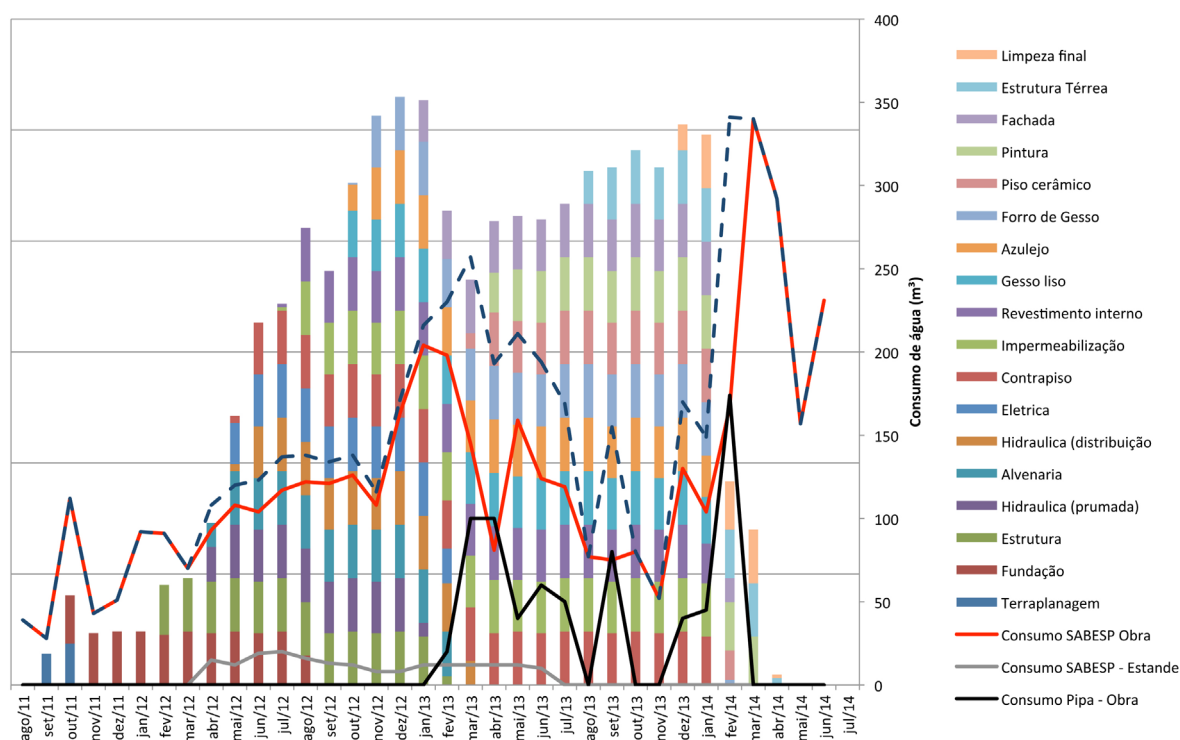


Figura 2 - Consumo de água vinculado ao cronograma físico de execução da obra.

Observa-se que o pico do consumo de água total, incluindo a água fornecida pela concessionária e por caminhões pipa, se dá principalmente na fase de término da obra (mês de março de 2014, conforme gráfico de linhas), ou seja, durante a etapa de execução da limpeza final para entrega do empreendimento. Dessa forma, foram obtidas referências quantitativas que podem contribuir para a otimização de determinados procedimentos de execução, visando à redução do consumo de água no canteiro de obras.

A análise seguinte foi relativa ao consumo de energia elétrica no canteiro de obras, cujo fornecimento é feito por concessionária. Também foram verificadas as contas de energia elétrica no decorrer do período de execução da obra (consumo mensal), identificando-se os diferentes locais de uso da energia, quais sejam: no canteiro de obras, no escritório e no estande de vendas. Foi, ainda, identificado o consumo dos principais equipamentos utilizados no canteiro de obras durante o processo de execução do empreendimento, cujo funcionamento depende da energia elétrica.

Ressalta-se, portanto, que o consumo de energia elétrica inclui a energia diretamente consumida nas etapas de execução do empreendimento (com equipamentos específicos, por exemplo) e a energia consumida indiretamente pelos funcionários para o funcionamento geral da obra (iluminação das áreas de apoio, por exemplo). O mesmo raciocínio se aplica ao consumo de água.

Foi feita a análise do consumo de energia elétrica (gráfico de linhas), relacionando-o às etapas de execução da obra do empreendimento (gráfico de barras), conforme seu cronograma físico de exe-

ção (Figura 3). O raciocínio foi semelhante ao feito para o consumo de água, identificando-se o total de dias despendidos com cada atividade, em cada mês.

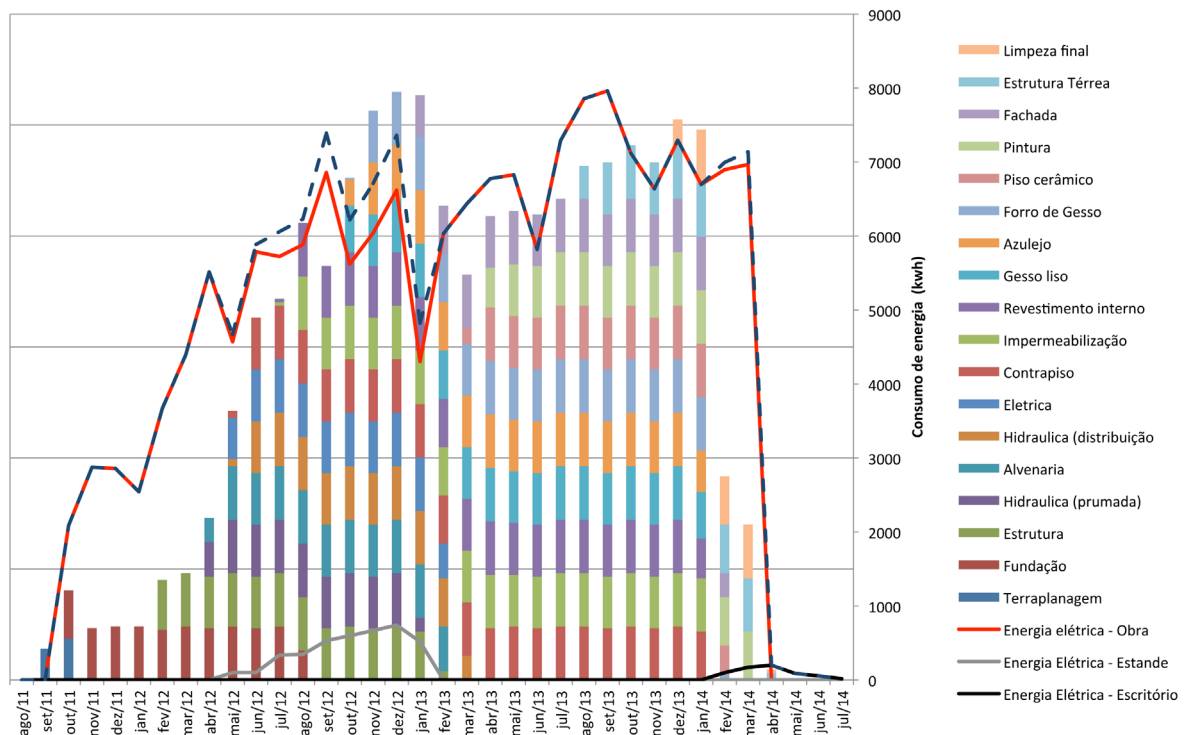


Figura 3 - Consumo de energia elétrica vinculado ao cronograma físico de execução da obra.

Observa-se que o consumo de energia elétrica não tem significativas variações no decorrer de grande parte da obra, particularmente entre junho de 2012 e fevereiro de 2014, podendo-se atribuir os picos ao uso de equipamentos específicos nas diferentes atividades, como por exemplo o uso da grua e do elevador tipo cremalheira para transporte de materiais.

Outro aspecto avaliado foi a geração de resíduos, incluindo o transporte dos mesmos para as respectivas Áreas de Transbordo e Triagem (ATTs). Para a coleta dos dados foram solicitadas à construtora as notas fiscais referentes às "caçambas de entulho" retiradas durante o período de execução do empreendimento. Quando possível, eram identificados os tipos de resíduos sólidos descartados nas caçambas e o local de deposição dos diferentes tipos de resíduos.

Assim, foi possível calcular a quantidade de resíduos gerada e as emissões referentes ao transporte desses resíduos, considerando-se as distâncias percorridas e os meios de transporte com consumo médio de combustível. Não se considera no cálculo o eventual transporte do resíduo para outra ATT, após processamento. Os dados foram compilados, gerando-se um gráfico que representa o quanti-

tativo dos resíduos retirados da obra (gráfico de linha) no decorrer das diferentes etapas de execução da mesma (gráfico de barras), conforme visto na Figura 4.

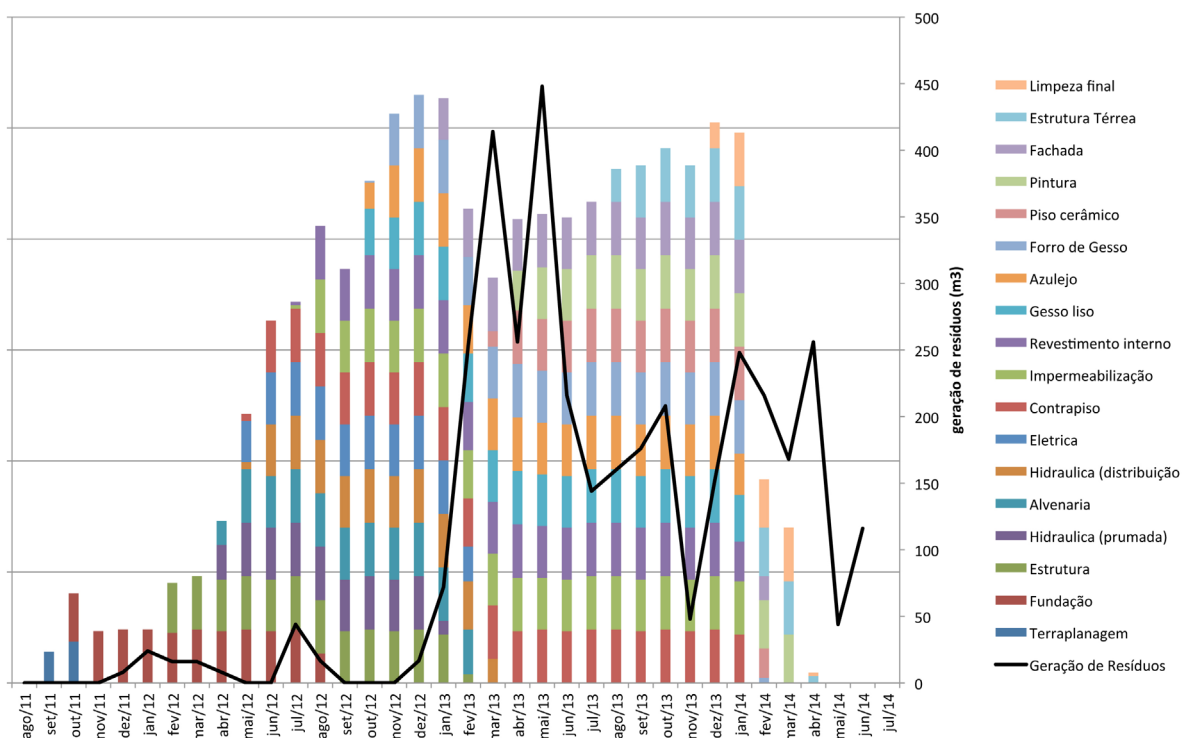


Figura 4 – Quantidade de resíduos retirada da obra, vinculada ao cronograma físico de execução.

Além da análise dos dados coletados, esse estudo de caso possibilitou a realização de cálculos de indicadores de aspectos ambientais e de indicadores de impactos ambientais. As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados obtidos.

Tabela 1 – Cálculos dos indicadores de aspectos ambientais.

Aspecto ambiental		Dados coletados	Indicador de aspecto ambiental*
Consumo de água	Consumo total	5225 m ³	0,35 m ³ por m ² de área construída
	Consumo concessionária (obra + estande)	4516 m ³	0,30 m ³ por m ² de área construída
	Consumo caminhão pipa	709 m ³	0,05 m ³ por m ² de área construída
Consumo de energia	Consumo total	176510 kWh	11,89 kWh por m ² de área construída
	Consumo obra	171964 kWh	11,58 kWh por m ² de área construída
Geração de resíduos	Volume total retirado	3672 m ²	0,25 m ² por m ² de área construída
	Consumo de diesel para retirada dos resíduos	54220 L	3,65 L por m ² de área construída

(*) Considerando a área construída igual a 14.850 m²

Tabela 2 – Cálculos dos indicadores de impacto ambiental.

Impacto ambiental		Fatores de conversão**	Cálculo de kgCO ₂ equivalente	Indicador de impacto ambiental***
Emissões de gases que geram o efeito estufa	Relativos ao consumo de energia total	1kWh = 0,71 kgCO ₂ equivalente	125322,67	8,44 kgCO ₂ equivalente por m ² de área construída
	Relativos ao transporte dos resíduos gerados	1 L (diesel) = 2,73 kgCO ₂ equivalente	148020,60	9,97 kgCO ₂ equivalente por m ² de área construída

(*) Considerando 0,07 m² retirados por L de diesel. (**) Fontes: ICBA.com e EPA.gov. (***) Área construída = 14.850 m²

É importante salientar que esses valores são estimados e que o principal objetivo do cálculo de indicadores foi criar referências e parâmetros para análises futuras, visando à redução dos impactos ambientais das principais atividades realizadas nos canteiros de obras.

4. Conclusões

A partir do conhecimento adquirido com a coleta de dados e com o cálculo dos indicadores ambientais para o canteiro de obras do empreendimento analisado, conclui-se que o trabalho dotou a equipe do LCSC-IPT de nova capacitação, sendo que o método desenvolvido possibilita aplicação em outras obras habitacionais e, guardadas as necessárias adaptações, a outros tipos de obras. Dessa forma, será possível criar um banco de dados com parâmetros para comparações e estabelecer referências para o setor da construção de edificações, vindo o método ora proposto a receber aprimoramentos ao longo do tempo.

Os levantamentos mostraram que existe bom potencial de se obter benefícios com a aplicação desse método, principalmente para as empresas construtoras. Por exemplo, o fato de a construtora ter conhecimento dos indicadores ambientais de seus canteiros de obras permite que a mesma tome providências no sentido de otimizar seus procedimentos e recursos, visando à redução dos consumos de água, energia e geração de resíduos. Assim, além de se contribuir para mitigar o impacto ambiental da obra em si, contribui-se para a economia financeira por parte da construtora, relativamente à etapa de execução dos seus empreendimentos. Além disso, a sistematização dos dados e a apresentação de alguns resultados por meio de gráficos, que relacionam os aspectos ambientais com o cronograma físico de execução da obra, permitem que a construtora identifique com maior precisão os pontos que podem ser melhorados no seu processo.

Por fim, como continuidade desse estudo, observa-se que os indicadores calculados podem ser, num futuro próximo, utilizados para avaliação do ciclo de vida das edificações, considerando tanto a fase de fabricação dos materiais e componentes quanto a fase de execução do empreendimento.

5. Referências

ASIF, M.; MUNEEER, T.; KELLEY, R. Life cycle assessment: a case study of a dwelling home in Scotland. *Building and Environment*, v. 42, n. 3, p. 1391-1394, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14031: Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental – Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Manual de indicadores ambientais. Rio de Janeiro: DIM/ GTM, 2008. 20 p.

PINTO, P. T. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: experiência do Sinduscon-SP. São Paulo: Obra Limpa, 2005.

SECOVI-SP. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. *Conduas de Sustentabilidade Setor Imobiliário. Manual de sustentabilidade.* São Paulo: Secovi-SP/ CBCS, 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Buildings and Climate Change - Summary for Decision-Makers.* Nairobi: UNEP, 2009.