

Gestão de Resíduos de Demolição da Obra de Infraestrutura do Colégio Militar de São Paulo - Região do Campo de Marte

Adriana Santiago Souza

Mestrando em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, UNINOVE, Brasil.
adriana.ssrodrigues@yahoo.com.br

Claudia Maria da Silva Bezerra

Doutoranda em Administração, UNINOVE, Brasil.
claudiamsbezerra@gmail.com

Anderson Bruno Gomes da Costa

Mestrando em Inovação na Construção civil, USP, Brasil.
andersonbruno85@hotmail.com

Ricardo Hugo Becker

Mestrando em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, UNINOVE, Brasil.
ricardohugobecker@uni9.edu.br

Heidy Rodriguez Ramos

Doutora em Administração e professora, UNINOVE, Brasil.
heidyrr@uni9.pro.br

RESUMO

A indústria da construção civil é um importante setor para a economia do Brasil. Contudo, seu crescimento segue atrelado ao aumento da geração de resíduos advindos da sua produção e da demolição de edificações anteriores. O crescimento e transformação das cidades trouxeram preocupações para o setor, em função do impacto ambiental negativo causado pelos resíduos gerados. É fundamental que tal avanço não cause prejuízos ao meio ambiente, e para isso, uma possível solução pode ser a utilização de princípios como da *Lean Construction*, que tem como um dos objetivos reduzir o desperdício da operação produtiva, por meio do uso de tecnologia e novas soluções para o reuso dos resíduos gerados. O objetivo do estudo foi descrever o manejo de resíduos provenientes da obra de infraestrutura do Colégio Militar de São Paulo (CMSP). Trata-se de uma pesquisa qualitativa, por meio de estudo de caso. Foi possível evidenciar que o planejamento para a gestão dos resíduos contemplou uma análise quanto a demolição, redução, reutilização, reciclagem e destinação final dos resíduos, bem como do reuso de materiais e dos recursos financeiros necessários. Identificou-se que a aplicação dos princípios da *Lean Construction*, permitiu reduzir os desperdícios e melhorar o desempenho da obra, tais ações reduziram o custo de transporte da destinação final dos RCC em 72%. Este estudo realizado em uma obra do CMSP poderá ser replicado em outras obras do mesmo segmento, fomentar novas pesquisas bem como contribuir para a mitigação dos impactos ambientais negativos advindos dos RCC.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de Construção Civil. Lean Construction. Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem sido evidenciado como uma das principais indústrias com significativa contribuição para o crescimento econômico de países desenvolvidos e em desenvolvimento (BAJJOU; CHAFI, 2018; SARHAN et al., 2017; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018), uma vez que é responsável por 7% dos empregos diretos e indiretos em todo o mundo (MAIA; IAROZINSKI NETO, 2016). No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o setor da construção representou 7% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro no ano de 2021 (IBGE, 2022).

Apesar dos benefícios econômicos evidenciados, o setor gera significativos impactos ambientais negativos, em função da expressiva quantidade de resíduos de construção civil (RCC) gerados durante seu processo produtivo (BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017). Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) o Brasil produz mais de 100 milhões de toneladas de RCC, contudo, pouco mais de 20% desses resíduos são adequadamente destinados (ABRECON, 2022).

Além dos impactos ambientais, os projetos de construção civil, especialmente nos países em desenvolvimento, normalmente são caracterizados pela baixa produtividade, causada por custos excessivos, atrasos de cronograma e baixa qualidade (HICHAM; TAOUFIQ; AZIZ, 2016). Existe, portanto, uma necessidade premente pela busca de novos e mais eficientes sistemas de gestão dos processos construtivos especialmente com o intento de melhorar o desempenho dos projetos de construção bem como mitigar os impactos ambientais causados por meio da redução do descarte de RCC (BAJJOU; CHAFI, 2018; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018).

Com o objetivo de suprir a necessidade de sistemas construtivos mais eficientes, surge o conceito de *Lean Construction* ou construção enxuta, que implementa práticas inovadoras de gerenciamento de projetos de construção, melhorando seu desempenho, reduzindo o desperdício e conseqüentemente a geração de RCC (BAJJOU; CHAFI, 2018).

Diante deste contexto, a questão de pesquisa que norteia este estudo é: Como os princípios da *Lean Construction* podem contribuir para a mitigação dos impactos ambientais negativos gerados pelos resíduos da construção civil em obras, e o objetivo foi descrever o manejo de resíduos provenientes da obra de infraestrutura do Colégio Militar de São Paulo (CMSP), situado na Avenida Olavo Fontoura, 1200/1300, São Paulo/SP. O planejamento para a gestão dos RCC contemplou uma análise quanto a demolição, a redução, reutilização, reciclagem

e destinação final dos resíduos, bem como o reuso de materiais e os recursos financeiros necessários.

Este estudo foi desenvolvido com abordagem qualitativa de caráter descritivo exploratório, buscou-se, por meio de um estudo de caso no Colégio Militar de São Paulo (CMSP), descrever o manejo de resíduos provenientes da obra de infraestrutura do CMSP. O estudo de caso permite a investigação de fenômenos contemporâneos em seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e seu contexto não estão definidos claramente (YIN, 2015). A coleta de dados foi realizada por meio de documentos primários e entrevista aberta com os responsáveis pela obra, com a devida autorização do Comissão Regional de Obras da 2ª Região Militar (CRO 2) São Paulo. Os dados advindos da entrevista foram triangulados com a documentação fornecida pela CRO 2 e as informações resultantes da pesquisa bibliográfica (Yin, 2015). A análise dos dados foi a partir da análise de conteúdo (BARDIN, 2011).

Com o uso dos princípios da *Lean Construction*, foi possível reduzir os desperdícios, melhorar o desempenho da obra e reutilizar grande parte dos resíduos, desta forma, foi possível uma redução no custo de transporte dos resíduos quando comparados a situação sem o reuso. Além disso, a abordagem da construção enxuta agrega um impacto positivo, especialmente em relação ao meio ambiente, qualidade e segurança (BAJJOU; CHAFI, 2018). Este estudo realizado na obra do CMSP poderá ser replicado em outras obras do mesmo segmento, fomentar novas pesquisas bem como, contribuir para a mitigação dos impactos ambientais negativos advindos dos RCC.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL - GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Embora o setor da construção civil represente uma fatia significativa de 7% do PIB nacional (IBGE, 2022) e contribua para o desenvolvimento do país, possui em contrapartida, o condão de gerar significativos impactos ambientais negativos, em função da expressiva quantidade de resíduos de construção civil (RCC) gerados durante o processo produtivo do setor (BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017).

No Brasil a regulamentação do descarte de RCC é determinada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei 12.305/2010 e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da RESOLUÇÃO nº 307, de 5 de julho de 2002, a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), os RCC representaram no ano de 2016, cerca de 57,6% dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil (ABRELPE, 2016). O setor da Construção Civil apresenta uma alta taxa de desperdício de materiais, por consequência, gera elevadas quantidades de resíduos (ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017). Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) o Brasil produz mais de 100 milhões de toneladas de RCC, contudo, pouco mais de 20% desses resíduos são adequadamente destinados (ABRECON, 2022).

Cerca de 40% dos resíduos industriais gerados no mundo têm procedência na indústria da construção civil (ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017). E aproximadamente 90% do total dos RCC é composta de: solo, argamassas, concretos e gesso (ULSEN et al., 2010). Em consonância Valotto (2007) destacou alguns dos principais resíduos gerados em cada etapa da obra. Por exemplo, na etapa de Fundações (concreto, solos, rochas e aço), Superestrutura (concreto,

madeira, sucata de ferro e fôrmas plásticas) e Alvenaria (blocos cerâmicos, papel, plástico, blocos de concreto e argamassa).

Com o intuito de regulamentar a questão dos resíduos de construção civil, pode-se destacar a resolução CONAMA n. 307/2002, como um dos principais marcos regulatórios. A resolução classifica os resíduos em quatro classes: A, B, C e D, indicando a destinação correta para cada uma (Quadro 1). Posteriormente, algumas alterações foram incluídas, entre elas, no ano de 2004, a Resolução n. 348 que incluiu como resíduos perigosos todos aqueles que contivessem amianto. No ano de 2011, entrou em vigor a Resolução n. 431 que alterou a resolução n. 307/2002, classificando materiais de gesso como resíduos recicláveis, em seguida foi promulgada a resolução n. 469/2015 que incluiu na classe B embalagens de tintas imobiliárias vazias, desde que secas e sem resíduos de produto (PASCHOALIN FILHO; BEZERRA; GUERNER DIAS, 2020; PASCHOALIN FILHO; STOROPOLI; DUARTE, 2014a).

Quadro 01. Classificação e destinação dos RCC de acordo com CONAMA 307/2002, alteradas pelas Resoluções n.348/2002, 431/2011 e 469/2015.

Classe	Origem	Tipo de Resíduo	Destinação
A	São resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	De pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de operações de terraplenagem; Da construção, demolição, reformas e reparos de edificações (componentes cerâmicos, tijolos, blocos, telhas e placas de revestimento, concreto argamassa.	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de RCC, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
B	Resíduos recicláveis com outras destinações	Plásticos, gesso, papel, metais, vidros, madeiras e embalagens vazias de tintas imobiliárias	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhado a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações que permitam a sua reciclagem ou recuperação.	Não especificado pela resolução	Deverão ser armazenados, transportados destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Resíduos perigosos oriundos de processo de construção. Aqueles contaminados, oriundos de demolições, reforma e reparo, enquadrados como classe D na NBR 10004	Tintas, solventes, óleos, amianto. Clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	Deverão ser armazenados, transportados destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado a partir de Paschoalin, Dias e Cortes (2014).

A reciclagem e o reuso de resíduos inertes na própria obra representa uma alternativa capaz de minimizar os impactos ambientais causados por esses resíduos, tendo em vista que tal prática indica vantagens em diversos aspectos: contribui para diminuir a saturação dos aterros de inertes, reduz as chances de descartes em locais inadequados, além de caracterizar redução de custos de destinação para os geradores, em virtude do uso de agregados reciclados em substituição às matérias primas extraídas do meio ambiente (PASCHOALIN FILHO; BEZERRA; GUERNER DIAS, 2020; PASCHOALIN FILHO et al., 2021; PASCHOALIN FILHO; STOROPOLI; DUARTE, 2014).

Muitos países obtiveram grandes benefícios e melhorias ao adotar a construção enxuta em projetos de construção, destacando que a adoção das práticas de *Lean Construction* pode oferecer mudanças revolucionárias e benefícios expressivos nas três dimensões do desenvolvimento sustentável (sociedade, meio ambiente e economia) (BAJJOU; CHAFI, 2018; BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018).

2.2 CONCEITO DE LEAN CONSTRUCTION

Originário a partir do Sistema Toyota de Produção (STP) realizado nas fábricas da Toyota Motors, o pensamento enxuto, manteve-se entre 1930 e 1970, identificado como uma forma de melhorar a fabricação de automóveis. Desde 1970 as fábricas japonesas têm sido

objeto de estudo de outros fabricantes, em razão de suas técnicas de fabricação (TEZEL; AZIZ, 2017; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018). Womack, Jones e Roos em 1990, publicaram o livro de negócios sob o título “A máquina que mudou o mundo” que suscitou um debate a respeito da aplicabilidade da abordagem *lean* para além das indústrias discretas e repetitivas (COLICCHIA; CREAZZA; DALLARI, 2017).

Na indústria da construção a aplicabilidade do pensamento enxuto iniciou-se na década de 1990 com os estudos de Lauri Koskela, em 1992 e coincidiu com a difusão do pensamento enxuto nas demais indústrias (BALLARD; HOWELL, 1997). O *Lean Construction* (LC) possui como cerne agregar valores do Pensamento Enxuto (*Lean Thinking*), visando mudanças no processo produtivo convencional (KOSKELA et al., 2002).

Segundo Koskela (1992), o LC pode minimizar os desperdícios inerentes ao processo de construção e seus custos operacionais, melhorando a organização do local de trabalho e maximizando a eficiência da operação. O LC é usado para que comparativamente a produção em massa realize mais com menos recursos, reduzindo os esforços bem como os estoques necessários, maximizando os rendimentos. Desta forma, a metodologia *lean* quando implementada no processo de construção civil tem como foco a eliminação dos desperdícios, diminuindo as atividades que não agregam valor ao projeto (BAJJOU; CHAFI, 2018).

O conceito de LC oferece práticas de gerenciamento de projetos de construção inovadoras, o que reduz o desperdício e melhora o desempenho quando identifica os desperdícios visíveis e ocultos com a intenção de mitigá-los ou eliminá-los (BAJJOU; CHAFI, 2018). O Quadro 02 evidencia algumas das técnicas e ferramentas da construção enxuta.

Quadro 02. Algumas das técnicas e ferramentas consideradas pelo conceito de *lean construction* nas atividades existentes em canteiros de obras.

Técnicas/ferramentas de construção enxuta	Definição	Autores
Just in time (JIT)	Método de gerenciamento de suprimentos orientado pela demanda do cliente. Tem o objetivo de manter um fluxo de materiais otimizando o estoque e o andamento das atividades da obra.	(BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018).
Processo 5s	Processo sistemático de limpeza realizado em cinco etapas: SEIRI - Senso de Utilização; SEITON - Senso de Ordenação; SEISO - Senso de Limpeza; SEIKETSU - Senso de Saúde; SHITSUKE - Senso de Autodisciplina	(ANSARI; SOROOSHIAN, 2017; BAJJOU; CHAFI, 2018; CALDERA; DESHA; DAWES, 2017)
Pré-fabricação	Uso de componentes modularizados e pré-fabricados com o objetivo de solucionar problemas de produção comuns à construção no local (baixa qualidade de saída, alta variabilidade e baixa produtividade)	(ALVES; MILBERG; WALSH, 2012; BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017).
Eliminação de resíduos	Núcleo do conceito <i>Lean Construction</i> . Visa disseminar uma cultura entre os funcionários para eliminar as diversas fontes de desperdício (superprodução, defeitos de qualidade, transporte desnecessário, super processamento, espera, estoque, deslocamentos e criatividade não utilizados dos funcionários)	(KHANH; KIM, 2015; ZHANG; CHEN; SUO, 2017).
Estudos de primeira execução (planejar, fazer, verificar, agir)	Abordagem sistemática que é realizada por meio de quatro etapas: Planejar: identificar e localizar falhas de processo; fazer: desenvolver e implementar soluções potenciais; avaliar a eficácia das soluções propostas; e agir: padronizando e mantendo a melhor solução	(BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018).

Fonte: Adaptado de (BAJJOU; CHAFI, 2018).

A cada dia a construção enxuta se torna fundamental na nova economia global em função de seu objetivo central de maximização de valor e minimização de resíduos e tem se espalhado gradativamente por todas as fases do processo construtivo. Estudos tem identificado que a utilização de ferramentas de produção enxuta tem afetado de forma positiva o desempenho econômico, social e ambiental dos projetos (BAJJOU; CHAFI, 2018).

Nahmes e Ikuma (2012) identificaram como principal impacto a redução do desperdício de matérias. Erol; Dikmen; Birgonul (2017) ao comparar projetos com e sem a utilização do *lean* em Monte Carlo, identificaram uma redução média da duração dos projetos

de aproximadamente 10% após a implementação dos princípios da construção enxuta em projetos residências. Abbasian-Hosseini; Nikakhtar; Ghoddousi (2014) concluíram em seu estudo que os princípios do *lean construction* afetaram positivamente o desempenho do processo construtivo. Diversos estudos tem evidenciado que a adoção dos princípios da construção enxuta podem oferecer mudanças transformadoras e vastos benefícios nas três dimensões do desenvolvimento sustentável (social, econômico e ambiental) (BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017; HARRIS et al., 2021; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal descrever o manejo dos resíduos provenientes da primeira fase da obra de infraestrutura do Colégio Militar de São Paulo (CMSP), no Campo de Marte, situado na Avenida Olavo Fontoura, 1200/1300, São Paulo, Capital. Ressaltando a importância da adoção de ferramentas de gestão sustentáveis para o reaproveitamento dos RCC baseadas nos princípios da *Lean Construction*. O planejamento para a gestão dos RCC contemplou uma análise quanto a demolição, a redução, reutilização, reciclagem e destinação final dos resíduos, bem como o reuso de materiais e os recursos financeiros necessários.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto desse estudo é o Colégio Militar de São Paulo (CMSP) no campo de Marte, Zona Norte da capital. Trata-se da 14ª unidade administrada pelo Exército Brasileiro. Para a concretização do projeto foram necessárias tratativas entre a União, o Município de São Paulo e a Força Aérea Brasileira (FAB) para a transferência de uma parte da área do Campo de Marte de 82.592,85m² ao Exército Brasileiro. No local cedido, anteriormente funcionava o Centro Logístico da Aeronáutica (CELOG) (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2019).

O CMSP quando concluído possuirá cerca de 68.630 m² de área construída, dentre elas, aproximadamente 23.519m² de área construída coberta e 45.114 m² de área construída descoberta. Contará com prédios escolares e administrativos, área para solenidades, além de instalações esportivas como ginásio, quadra, pista de atletismo, piscinas, vestiários, dentre outras conforme projeto básico.

A execução da obra do CMSP foi dividida em três fases: a primeira delas é a Demolição do CELOG objeto desta pesquisa, a segunda é a fase de obras de infraestrutura e a terceira fase contempla a construção das edificações com contratação de projetos executivos em *Building Information Modeling* (BIM) (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2020).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, com abordagem descritiva exploratória, por meio de estudo de caso. A pesquisa qualitativa é a mais apropriada para os estudos que buscam descrever a complexidade de certa problemática, analisando a interação de determinadas variáveis, contribuindo para a compreensão e classificação de processos dinâmicos (VERGARA, 2013). A pesquisa pode ser considerada como descritiva já que os fatos acompanhados durante a execução das atividades de manejo dos RCC foram registrados e interpretados pelos pesquisadores sem que eles interferissem em seu desenvolvimento. Além disso, a pesquisa exploratória é adequada para estudos em áreas em que existem pouco conhecimento acumulado, possui essência de sondagem, não abrange hipóteses, mas estas podem suceder durante ou ao final da pesquisa (VERGARA, 2013).

3.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

De acordo com o procedimento de coleta de dados, essa pesquisa pode ser classificada como estudo de caso, tendo em vista que um objeto de estudo específico foi selecionado para compreensão de um conjunto de particularidades (EISENHARDT, 1989; YIN, 2015). A realização desta pesquisa e levantamento das informações necessárias foi conduzida por meio da análise de documentos primários como projeto básico, orçamento, relatórios, planilhas entre outros descritos neste artigo e guias de Controle de Transportes de Resíduos (CTR), contendo os dados quantitativos dos RCC gerados, bem como o manejo e gestão dos RCC por meio de alguns dos princípios da *Lean Construction*. Tais documentos foram fornecidos pelos responsáveis da obra, com a autorização da Comissão Regional de Obras da 2ª Região Militar (CRO 2). A autorização foi formalizada mediante termo de consentimento, assinado pelo Chefe da Comissão Regional de Obras da 2ª Região Militar, Tenente Coronel Clóvis Jesus de Souza .

Por meio destas planilhas foi possível levantar e quantificar os volumes de RCC descartados e os remanescentes na obra, bem como estimar os ganhos obtidos com as operações de reuso e reciclagem dos materiais, além de permitir a aferição dos ganhos financeiros com a redução do transporte e destinação dos RCC bem como a mitigação da aquisição de matéria prima natural, que foram substituídas pelos RCC como agregados para aterro hidráulico. Além disso, um dos responsáveis pela obra foi entrevistado com perguntas abertas a fim de sanar as dúvidas oriundas de relatórios e planilhas, e os dados advindos da entrevista foram triangulados com a documentação fornecida pelo CRO 2 e as informações resultantes da pesquisa bibliográfica (YIN, 2015). A análise dos dados foi a partir da análise de conteúdo, em que as informações foram categorizadas de acordo com cada atividade realizada (BARDIN, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROJETO

O Projeto de Construção do Colégio Militar de São Paulo foi contemplado no Plano de Descentralização de Recursos para Atividade de Engenharia (PDRAEng) do Exército brasileiro no ano 2020. Foi escolhido para sua construção um terreno situado na região do Campo de Marte na Cidade de São Paulo. O terreno cedido pela Força Aérea Brasileira (FAB) possuía algumas benfeitorias de uso específico da unidade militar Centro Logístico da Aeronáutica (CELOG), que estavam presentes no local. Como o projeto do CMSP demandava características distintas das apresentadas pelas edificações existentes, foi necessário a demolição dessas benfeitorias para o início das obras (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2019).

Assim, as benfeitorias utilizadas pela FAB foram demolidas para a construção das instalações do CMSP. Os requisitos técnicos e legais referentes a esta contratação estão definidos nos documentos que constam na licitação pública como o Caderno de Encargos e Especificações Técnicas, na Planilha Orçamentária, nas Plantas anexas ao Projeto Básico e no próprio Edital de Licitação, as estimativas de quantidades, com respectivas memórias de cálculo, estão definidas no Orçamento Descritivo, Plantas e demais anexos fornecidos pela Comissão Regional de Obras da 2ª Região Militar (CRO 2).

O projeto do CMSP foi dividido em três fases: Fase 01 – serviços de demolição; Fase 02 – obras de infraestrutura; e Fase 03 – edificações. Este artigo contemplará a fase 01 do projeto, descrevendo as soluções sustentáveis implementadas na geração, manejo e tratamento dos

resíduos provenientes das demolições necessárias para as futuras instalações do CMSP. Esta fase do projeto teve a duração de 120 dias no ano de 2020.

4.2 RESÍDUOS E SOLUÇÕES DA OBRA

Os procedimentos realizados na obra CMSP seguem os conceitos preconizados no sistema Lean, por meio da implantação de procedimentos padronizados desde o planejamento, construção e entrega final da construção, estabelecendo assim um plano de qualidade da obra, o qual tem como objetivo garantir a qualidade da produção de suas instalações através de uma execução controlada, a gestão correta dos resíduos buscando ser um projeto sustentável, e o comprometimento de todas as partes envolvidas. Estes cuidados fazem parte dos princípios preconizados pelas boas práticas construtivas (BAJJOU; CHAFI, 2018; KOSKELA et al., 2002; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018). Alguns dos procedimentos são descritos neste estudo:

I. **Demolição:** A demolição, retiradas, remoções seguiram o projeto de demolições e as condições de segurança conforme normas de segurança do trabalho, bem como a legislação vigente (“Brasil”, 2010; CONAMA, 2002) sempre observando as condições estruturais do local e procurando minimizar os impactos ambientais que a geração dos RCD poderia causar (Figura 1). Desta forma, os resíduos provenientes dos serviços executados sempre que possível foram reciclados na própria obra (PASCHOALIN FILHO; STOROPOLI; DUARTE, 2014).

Figura 1. Fase de demolição do Centro Logístico da Aeronáutica



Fonte: Imagens cedidas pela Comissão Regional de Obra – CRO2.

Conforme evidenciado em visita à obra foram demolidos blocos de fundação, baldrame, vigas de travamento e qualquer outra peça que pudesse interferir na cravação de futuras estacas no local. Seguindo os preceitos de reutilização preconizados no sistema *Lean*, de minimização de resíduos e de custos (BAJJOU; CHAFI, 2018), foram preservadas as cabeças de todas as peças de estaca de fundação existentes para levantamento de interferências futuras da obra do CMSP. Além disso, conforme registro fotográfico da figura 01, os procedimentos de demolição foram executados com a aspersão de água como forma de reduzir o espalhamento da poeira (PASCHOALIN FILHO; STOROPOLI; DUARTE, 2014a). A área foi balizada até o fim do levantamento e após o local foi coberto e nivelado.

Conforme previsto no projeto básico foram retiradas todas as tubulações elétricas, hidráulicas, águas pluviais, esgotos, gases e etc. enterradas no local e no entorno das edificações e arruamentos. A demolição de piso de alta resistência incluiu: quadra esportiva, pavimentações, calçadas, pisos das áreas externas e drenagem superficial. Os resíduos oriundos da demolição contemplam os pavimentos existentes (pavimento flexível, intertravado),

edificações (alvenaria, vigas, pilares, lajes), e remoções (fundações, coberturas, esquadrias, tubulações, equipamentos, louças), resíduos classificados em sua maioria como Classe A, que são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (Quadro 01), segundo destacado por Valotto (2007), normalmente são os principais resíduos gerados em cada etapa de uma obra.

II. **Processo de segregação** - Nesta etapa foram realizados os procedimentos de triagem dos resíduos para posterior reciclagem ou descarte (PASCHOALIN FILHO; STOROPOLI; DUARTE, 2014). Foi possível identificar que os resíduos predominantes são: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica (VALOTTO, 2007). O processo contemplou a separação por tipo de material o entulho nobre, peças resultantes das desmontagens, materiais, equipamentos, dos quais estão inclusos, mas não limitados a: material granular britado, peças metálicas e de madeira, telhamento (excluído amianto que foi destinado à bota fora para esse tipo de material).

Com isso o processo de segregação (separação dos tipos de entulho gerados na obra), determinou que os entulhos não reaproveitados, fossem destinados à bota fora credenciado nas esferas municipal, estadual e federal, conforme preconizam a CONAMA (2002) e PASCHOALIN FILHO; BEZERRA; GUERNER DIAS (2020). O entulho nobre foi britado e separado em materiais ferrosos, terrosos e pedrosos. Foi criado bota-espera para os materiais britados e de valor financeiro, com uma drenagem superficial para que as águas das intempéries possam escoar livremente, sem carregar o material.

Todos os materiais reaproveitados foram transportados para local definido, e as retiradas dos materiais foram realizadas de maneira cuidadosa evitando qualquer tipo de fragmentação. Entre os materiais removidos para reaproveitamento estão: telhas, luminárias, louças, metais, caixilhos / esquadrias de alumínio, tesouras metálicas, telhas e escada (Figura 2), os itens transferidos ao GAP SP foram registrados pelo Relatório Gerencial de Reaproveitamento de Materiais. Os materiais metálicos, como trama dos telhados, escadas metálicas, etc. foram cortados e armazenados de maneira organizada em local correto, seguindo os preceitos da *Lean Construction* de eliminação de resíduos (BAJJOU; CHAFI, 2018).

Figura 2. Alguns dos materiais e equipamentos reaproveitados



Fonte: Imagens cedidas pela Comissão Regional de Obra – CRO2.

III. **Reuso**: com o objetivo de minimizar os RCC gerados, foi instalada uma central de britagem para reciclagem e fragmentação do entulho proveniente da demolição (FILHO; FRASSON; CONTI, 2019; PASCHOALIN FILHO; BEZERRA; GUERNER DIAS, 2020; PASCHOALIN FILHO et al., 2021). Tal central tem a capacidade de separação e segregação de materiais ferrosos, terrosos e pedrosos.

O material britado de concreto foi entregue na Faixa C do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), de acordo com a norma DNIT 141/2010 (ES – Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente).

O material proveniente do reuso dos resíduos britados pela usina de reciclagem foram destinados para aterro hidráulico no pavimento rígido do pátio de formaturas, conforme registros fotográficos do serviço (Figura 3), os quais somam o 3.345,90 m³ de material britado e reutilizado conforme dados do projeto básico. Após o despejo realizou-se o espalhamento do material por meio de retroescavadeira (Figura 3).

Figura 3. Reuso dos RCC para aterro hidráulico do pavimento rígido.



Fonte: Imagens cedidas pela Comissão Regional de Obra – CRO2.

IV. **Descarte:** as áreas de descarte foram gerenciadas por meio da emissão de guias de CTR informando o transporte, carga e descarga dos RCC descartados, sendo enviados apenas à locais aptos para recebimento, triagem e armazenamento destes resíduos (BEZERRA et al., 2020). Os critérios para quantificação dos RCC foram: Metro quadrado demolido (m²); Metro cúbico demolido (m³); Metro (m); Unidade retirada (unid.); Transporte - Volume-quilômetro (m³xkm) de material transportado o Quadro 03 evidencia os tipos de RCC e seu destino.

Quadro 03. Materiais e Destinos dos RCC segundo as CTR's analisadas:

Descrição	Destino
Telhas de amianto	Bota-fora
Retirada de aparelhos de iluminação (com reaproveitamento dos itens solidados pela fiscalização)	Caçamba CTR
Remoção de louças, metais sanitários e portas de forma manual, sem reaproveitamento.	Caçamba CTR
Remoção de forro de gesso, de forma manual, sem reaproveitamento.	Bota-fora
Remoção de tesouras metálicas de forma mecanizada, com reaproveitamento.	Bota- espera reaproveitamento
Remoção de vidro comum das janelas (com reaproveitamento dos itens solidados pela fiscalização)	Caçamba CTR
Alvenaria e Estruturas de concreto (pilares, vigas, lajes, blocos)	Britagem
Entulho proveniente de poda de árvore	Bota-fora
Demolição de piso de alta resistência	Britagem
Remoção de tubulações (tubos e conexões) de água fria, esgoto, gases, águas pluviais de forma manual, sem reaproveitamento.	Caçamba CTR
Remoção de cabos elétricos, de forma manual, sem reaproveitamento. (peças de cobre ficarão em bota-espera, demais serão descartadas)	Bota- espera reaproveitamento
	Caçamba CTR
Remoção de tesouras de madeira de forma mecanizada, com reaproveitamento.	Bota- espera reaproveitamento
Solo escavado	Bota-fora
Retirada cobertura demais coberturas com reaproveitamento material	Bota- espera reaproveitamento
Retirada caixilhos/esquadrias de alumínio e escadas externas	Bota- espera reaproveitamento

Fonte: Dados extraídos pelos autores do projeto básico da obra CMSP, 2020.

Conforme sugerem PASCHOALIN FILHO; STOROPOLI; DUARTE (2014), a descarga dos RCC foi realizada em local de bota-fora licenciado de acordo com sua classificação, conforme sugerem. A carga e descarga de entulho proveniente da demolição foram realizadas com a utilização de pá-carregadeira, já considerado o empolamento de 30% no volume, incluindo todos os materiais de bota-fora, caçamba de entulho, britagem e bota-espera. O transporte de material e destinação até o local do bota fora foi realizado com caminhão de 18 m³, em via urbana pavimentada.

Ao término uma limpeza da área foi realizada, para que o terreno ficasse em material de primeira categoria, plano e sem vegetações ou entulhos. Os serviços de roçado, capina, destocamento e remoção, inclusive de troncos, raízes e entulhos foram executados manual e/ou mecanicamente, processos sistemáticos de limpeza conforme boas práticas de construção. Por questões ambientais a queima não foi permitida, bem como o corte de árvores foi proibido. Durante a limpeza foram regularizadas as áreas não previstas para movimento de terra, com desníveis de até 20 cm, visando o fácil escoamento de águas pluviais. Cuidados foram tomados em relação as Áreas de Proteção Ambiental (APP), observando as áreas que não podem ser desmatadas ou roçadas(BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017; TEZEL; AZIZ, 2017).

4.3 PROCEDIMENTOS DE LEAN CONSTRUCTION

Conforme acompanhamento realizado junto à obra foi possível evidenciar que os responsáveis pela mesma trabalham de acordo com as premissas da *Lean Construction*, uma vez que implementaram procedimentos padronizados (BAJJOU; CHAFI, 2018; BAJJOU; CHAFI; EN-NADI, 2017; TEZEL; AZIZ, 2017; TEZEL; KOSKELA; AZIZ, 2018) conforme descrito a seguir:

- Trabalham para garantir a aplicação dos procedimentos executivos previstos atribuindo desde o início da obra as responsabilidades e autoridade para as ações necessárias e os recursos necessários à aplicação destes.
- Asseguraram que todos os profissionais da equipe da obra, sob sua responsabilidade, tenham qualificação, conhecimento e treinamento específico para cada procedimento em que o profissional tem responsabilidades.
- Acompanham a efetiva aplicação dos procedimentos monitorando os resultados atingidos, a eficácia dos procedimentos e a necessidade de ações corretivas e/ou preventivas. O Engenheiro gerente da fiscalização designa profissional devidamente capacitado por ele para inspecionar o serviço, mas é sua a autoridade para recusar o recebimento de serviço e acompanhar sua revisão até a aceitação final.
- Identificam e apontam ao superior responsável às necessidades de melhorias no Sistema de Gestão de Obras ou em procedimento específico. Relatando apresentando os dados decorrentes da aplicação dos procedimentos previstos como avaliação de fornecedores, serviços, projetos e outros.
- Consolidam os registros da qualidade da obra e toda a documentação que permite a rastreabilidade do sistema de gestão aplicada à obra, através de relatórios de acompanhamento do serviço, e agem sobre as necessidades de melhorias apontadas em suas fiscalizações.

4.3 ECONOMIA

Embora seja difícil precificar a economia garantida por meio do reaproveitamento de diversos itens, é oportuno destacar que tal economia é bastante relevante para as forças

armadas. Esses materiais foram registrados através do relatório gerencial de reaproveitamento de materiais do Grupamento de Apoio da Aeronáutica de São Paulo – (GAP-SP). Os materiais com potencial de reaproveitamento foram discriminados nas relações de materiais e equipamentos a serem reaproveitados pelo GAP-SP, como por exemplo os letreiros instalados nas fachadas do prédio do CELOG e da FAB. Além dos materiais reaproveitados pela FAB, houve reaproveitamento de madeira, estrutura metálica, canaletão, registros, caixa de água, blocos sextavados e guias pela CRO 2.

Seguindo os preceitos de eliminação de resíduos preconizados pela *Lean Construction*, foi possível evidenciar através do Relatório de Controle de Resíduos da obra e dos registros fotográficos dos serviços em questão o reuso de 39% do volume de resíduos provenientes das demolições. Tal redução impactou positivamente tanto a dimensão econômica quanto a ambiental, tendo em vista que, além de reduzir o descarte dos RCC, foi possível reduzir as despesas com transporte e descarte dos RCC em bota-fora em 72% do total considerado em orçamento para este item. Além disso, cabe ressaltar que houve economia em relação à redução da necessidade de aquisição de material para uso em aterro hidráulico, devido à reciclagem e ao reuso dos resíduos (BAJJOU; CHAFI, 2018; PASCHOALIN FILHO; FRASSON; CONTI, 2019).

Ainda quanto à economia é necessário dizer que esta não se encerrou, pois as mesmas premissas serão adotadas para as etapas 02 e 03 (conforme projeto básico das etapas) que se referem à construção e seguirão os mesmos padrões, ou seja, sendo previsto que os RCC gerados serão encaminhados para aterros licenciados, de acordo com a classificação do material e os CTR's serão gerenciados pela fiscalização do exército.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática que norteou este estudo foi identificar como os princípios da *Lean Construction* poderiam contribuir para a mitigação dos impactos ambientais negativos gerados pelos resíduos da construção civil em obras militares. Para isso, estabeleceu-se como objetivo descrever o manejo de resíduos provenientes da obra de infraestrutura do Colégio Militar de São Paulo (CMSP) por meio de um estudo de caso. Com a análise dos dados foi possível evidenciar que na primeira fase da obra foram adotadas algumas das principais premissas da *Lean Construction*, que são a eliminação de resíduos e sistematização e padronização de procedimentos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais negativos dos processos produtivos da construção do CMSP.

A reciclagem adotada na obra, permitiu o reaproveitamento de materiais que seriam descartados, seu grande objetivo foi reintroduzi-los na cadeia produtiva a fim de que ainda gerem valor e sejam reutilizados, reduzindo-se a produção de lixo, maximizando a preservação dos recursos naturais e melhorando a qualidade de vida das pessoas. A obra do CMSP no que tange a gestão dos RCC adotou os procedimentos estabelecidos no Plano de Gestão de Resíduos bem como os preceitos da *Lean Construction*, separando e classificando os resíduos, bem como medindo sua incidência, criando medidas de redução da geração de resíduos e assegurando o destino previsto pela legislação segundo a disponibilidade de locais adequados.

Foram gerados 8.586,69 m³ de RCC, contudo, parte dos resíduos gerados foram reciclados “*in loco*” por meio da utilização da usina móvel e foram reaproveitados na obra como aterro hidráulico. Esse procedimento e a adoção dos preceitos da *lean construction* possibilitaram economia de 72% nos custos de transporte e bota-fora, além disso, 39% do volume de resíduos foi utilizado para aterro hidráulico. Desta forma, é possível concluir que a adoção dos princípios

da *lean construction* na fase 1 da construção do Colégio Militar de São Paulo afetou de forma positiva o desempenho, econômico, ambiental e social do projeto (BAJJOU; CHAFI, 2018).

Embora esta pesquisa apresente contribuições gerenciais e teóricas, tem limitações. Uma delas é a impossibilidade de generalização dos achados por ser um estudo de caso único. Sugere-se que estudos futuros possam ser realizados com estudos de casos múltiplos ou com pesquisas quantitativas que permitam a generalização dos achados. Como contribuição, este estudo realizado em uma obra do CMSP poderá ser replicado em outras obras do mesmo segmento ou não, para fomentar novas pesquisas bem como contribuir para a mitigação dos impactos ambientais negativos advindos dos resíduos de construção civil. Além disso, estudos futuros podem ser desenvolvidos com o uso de observação não participante como forma de coletar informações sobre a gestão, manejo e implementação dos princípios da *lean construction* em projetos públicos ou privados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Este estudo foi financiado no Brasil pelo CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

Agradecemos ao apoio da Comissão Regional de Obras (CRO 02), e em especial a equipe da obra do CMSP.

REFERÊNCIAS

- ABRAINC. **PIB da Construção Civil cresce 2,7% no 2º trimestre de 2021**. Disponível em: <<https://www.abrainc.org.br/economia/2021/09/01/pib-da-construcao-civil-cresce-27-no-2o-trimestre-de-2021/>>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- ABRECON. **A gestão dos resíduos da construção e demolição e o papel do engenheiro** Abrecon, 2022. Disponível em: <<https://abrecon.org.br/a-gestao-dos-residuos-da-construcao-e-demolicao-e-o-papel-do-engenheiro/>>. Acesso em: 9 mar. 2022
- ABRELPE. **Panorama 2020 – Abrelpe** ABRELPE, 2022. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 9 mar. 2022
- ALVES, T.; MILBERG, C.; WALSH, K. D. Exploring lean construction practice, research, and education. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 512–525, 1 jan. 2012.
- ANSAH, R. H.; SOROOSHIAN, S. Effect of lean tools to control external environment risks of construction projects. **Sustainable Cities and Society**, v. 32, p. 348–356, 1 jul. 2017.
- BAJJOU, M. S.; CHAFI, A. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 16, n. 4, p. 533–556, 1 jan. 2018.
- BAJJOU, M. S.; CHAFI, A.; EN-NADI, A. A Comparative Study between Lean Construction and the Traditional Production System. **International Journal of Engineering Research in Africa**, v. 29, p. 118–132, 2017.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **Lean Construction**. [s.l.] CRC Press, 1997.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70. **Manual de enfrentamento à violência contra a pessoa idosa**. Brasília: Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República, n. 70, 2011.
- BEZERRA, C. M. D. S. et al. **SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E TÉCNOLOGIA NA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS DIGITAL**. . In: VIII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS,

- INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE (VIII SINGEP). São Paulo: 2020. Disponível em: <<http://submissao.singep.org.br/8singep/anais/arquivos/526.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022
- Brasil. 12.305. **de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** 2 ago. 2010.
- CALDERA, H. T. S.; DESHA, C.; DAWES, L. Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1546–1565, 20 nov. 2017.
- ČIARNIENĚ, R.; VIENAŽINDIENĚ, M. An Empirical Study of Lean Concept Manifestation. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 11th International Strategic Management Conference. v. 207, p. 225–233, 20 out. 2015.
- COLICCHIA, C.; CREAZZA, A.; DALLARI, F. Lean and green supply chain management through intermodal transport: insights from the fast moving consumer goods industry. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 4, p. 321–334, 12 mar. 2017.
- CONAMA. Resolução nº 307. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). . 5 jul. 2002.
- CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES - CTE. **Lean construction**: Entenda esse conceito e os seus benefícios para a indústria da construção. 2020. Disponível em: <https://cte.com.br/blog/gerenciamento/lean-construction-entenda-esse-conceito-e-os-seus-beneficios-para-a-industria-da-construcao/>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532–550, 1 out. 1989.
- ESA, M. R.; HALOG, A.; RIGAMONTI, L. Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 120, p. 219–229, 1 maio 2017.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. **COLÉGIO MILITAR DE SÃO PAULO TEM INÍCIO - Exército Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.decex.eb.mil.br/bem/noticias/284-colegio-militar-de-sao-paulo-tem-inicio>>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. **Colégio Militar de São Paulo recebe projeto básico de engenharia da FIESP**. Disponível em: <<http://www.cmse.eb.mil.br/index.php/ultimas-noticias-categoria/515-colegio-militar-de-sao-paulo-recebe-projeto-basico-de-engenharia-da-fiesp>>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- HICHAM, H.; TAOUFIQ, C.; AZIZ, S. **Last planner system: Implementation in a moroccan construction project**. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Anais...**2016.
- IBGE. **Painel de Indicadores** | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/indicadores#variacao-do-pib>>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- KHANH, H. D.; KIM, S. Y. Development of waste occurrence level indicator in Vietnam construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 22, n. 6, p. 715–731, 1 jan. 2015.
- LASZLO, C.; ZHEXEMBAYEVA, N. Embedded Sustainability: A strategy for market leaders. p. 4, 2011.
- LIMA *et al.* Lean Construction e P+L como ferramenta de gestão da qualidade na construção civil: uma estratégia competitiva. XXXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: a Agenda Brasil+10. Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de outubro de 2014.
- MAIA, A. T.; IAROZINSKI NETO, A. Quais as principais características organizacionais das empresas dos diferentes segmentos da construção civil? **Ambiente Construído**, v. 16, p. 197–215, set. 2016.
- PASCHOALIN FILHO, J. A.; BEZERRA, C. M. DA S.; GUERNER DIAS, A. J. Environmental indicators proposal for construction solid waste management plans assessment. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 31, n. 6, p. 1623–1645, 1 jan. 2020.
- PASCHOALIN FILHO, J. A. P. et al. Usinas de reciclagem de entulho e os entraves existentes no setor da construção civil: uma pesquisa exploratória. **Exacta**, v. 19, n. 1, p. 52–72, 25 mar. 2021.

- PASCHOALIN FILHO, J. A.; STOROPOLI, J. H.; DUARTE, E. B. L. VIABILIDADE ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO RECICLADOS NA EXECUÇÃO DO CONTRAPISO DE UM EDIFÍCIO LOCALIZADO NA ZONA LESTE DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 2, 31 ago. 2014.
- ROCHA PENNA, L. F. DA et al. **RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO MUNICIPAL E DO DESTINO FINAL - ESTUDO DE CASO EM GOVERNADOR VAL ADARES-MG**. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. **Anais...** In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL CAMPO GRANDE/MS. 2017. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/III-022.pdf>>. Acesso em: 14 maio. 2018
- SARHAN, J. et al. Barriers to implementing lean construction practices in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) construction industry. **Construction Innovation**, v. 18, n. 2, p. 246–272, 1 jan. 2018.
- SARHAN, J. G. et al. Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. **Construction Economics and Building**, v. 17, n. 1, p. 46–69, 2017.
- SHANG, G.; SUI PHENG, L. Barriers to lean implementation in the construction industry in China. **Journal of Technology Management in China**, v. 9, n. 2, p. 155–173, 1 jan. 2014.
- TEZEL, A.; AZIZ, Z. Benefits of visual management in construction: cases from the transportation sector in England. **Construction Innovation**, v. 17, n. 2, p. 125–157, 1 jan. 2017.
- TEZEL, A.; KOSKELA, L.; AZIZ, Z. Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 3, p. 247–269, 17 fev. 2018.
- ULLAH, F. et al. Influence of Six Sigma on project success in construction industry of Pakistan. **The TQM Journal**, v. 29, n. 2, p. 276–309, 1 jan. 2017.
- ULSEN, C. et al. Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 2, p. 339–346, 2010.
- VALOTTO, D. V. **Busca de informação: gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiro de obras**. [s.l.: s.n.].
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 14 ed. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso - 5.Ed.: Planejamento e Métodos**. [s.l.] Bookman Editora, 2015.
- ZANNA, C. D.; FERNANDES, F.; GASPARINE, J. C. Solid construction waste management in large civil construction com... **Acta Scientiarum. Technology; Maringa**, 2017.
- ZHANG, L.; CHEN, X.; SUO, Y. Interrelationships among critical factors of work flow reliability in lean construction. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 5, p. 621–632, 4 jul. 2017.