

JÚLIO CÉSAR GARBIN

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO ALIADO A AÇÕES DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

JÚLIO CÉSAR GARBIN

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO ALIADO A AÇÕES DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao curso de Engenharia
Ambiental da Universidade de Passo
Fundo.

Orientador: Prof. Dr. Cleomar Reginatto

Passo Fundo

2022

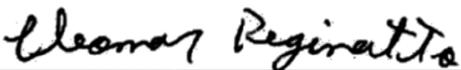
JÚLIO CÉSAR GARBIN

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO ALIADO A AÇÕES DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Engenheiro (a) Ambiental.

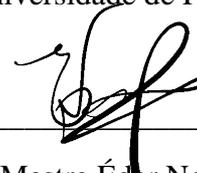
Orientador: Prof. Dr. Cleomar Reginatto

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Cleomar Reginatto

Universidade de Passo Fundo



Prof. Mestre Éder Nonnemacher

Universidade de Passo Fundo



Prof. Dr. Iziquiel Cecchin

Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo

2022

JÚLIO CÉSAR GARBIN. **Gerenciamento de resíduos de construção e demolição aliado a ações de Produção mais limpa.** Ano. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2022

RESUMO

Com o forte aumento da construção civil em nosso país, muito se tem discutido, na busca de formas para minimizar os danos que podem ser causados no meio ambiente, e uma maneira de reduzir isso, é o controle da geração de resíduos, conhecidos como Resíduos de Construção Civil (RCC). Nesse sentido no ano de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou a resolução nº 307 a qual traz definições dos RCC. Esta resolução estabelece procedimentos para gestão de resíduos da construção civil, prevendo obrigações tanto para o gerador quanto para os municípios darem uma destinação ambientalmente correta para esses materiais. A reutilização desses resíduos além do benefício ambiental, pode ser uma nova forma de valoração econômica destes materiais. A ideia que esse estudo seguiu, utilizou as etapas do gerenciamento dos RCC nas diferentes classes definidas pela Resolução Nº 307/2002 do CONAMA. Com isso, foi realizada uma caracterização dos resíduos, a separação dos mesmos e acondicionamento, em duas obras diferentes de pequeno porte, sendo uma construção de uma casa e uma reforma de uma casa. Obtendo resultados positivos na questão de controle de material de entrada e na saída de resíduos, conseguindo reaproveitar uma parte dos resíduos, e o restante não reaproveitável sendo destinado corretamente, além de procurar fontes de economia para obras futuras. Com os resultados encontrados se observou que uma reforma de casa gera 71% a mais de entulho, sendo esses resíduos de classe A, quando comparado a uma obra nova, que também tem entulho como a maior geração de resíduos. Como principal ação aliada a produção mais limpa temos o controle e separação de entrada e saída de materiais, que contribui para o reuso de materiais na mesma obra e em outras obras. Assim um plano de gerenciamento dos resíduos sólidos em obras se faz necessário para reduzir os impactos ambientais decorrentes dessa atividade, e aliado a produção mais limpa, possibilita que as obras civis se tornem mais sustentáveis.

Palavras-chaves: Construção civil, resíduos da construção civil, gerenciamento de resíduos, ganho financeiro, produção mais limpa.

JÚLIO CÉSAR GARBIN. Solid waste management plan combined with cleaner production in small civil construction. Year 2022. Course Completion Work (Environmental Engineering) – University of Passo Fundo, 2022.

ABSTRACT

With the strong increase in civil construction in our country, much has been discussed in the search for ways to minimize the damage that can be caused to the environment, and one way to reduce this is to control the generation of waste, known as Waste of Civil Construction (WCC). In this sense, in 2002, the National Council for the Environment published Resolution No. 307, which provides definitions of WCC. This resolution establishes procedures for the management of civil construction waste, establishing obligations for both the generator and the municipalities to dispose of these materials in an environmentally correct way. The reuse of these residues, in addition to the environment benefit, can be a new form of economic valuation of these materials. The idea that this study followed, used the stages of management of RCC in the different classes defined by CONAMA Resolution number 307/2002. With this, a characterization of the waste was carried out, its separation and packaging, in two different small works, being a construction of a house and a renovation of a house. Obtaining positive results in terms of control of input material and output of waste, managing to reuse part of the waste, and the rest not being reused correctly, in addition to seeking sources of savings for future works. With the results found, it was observed that a house renovation generates 71% more rubble, being this class A waste, when compared to a new construction, which also has rubble as the biggest waste generation. As the main action combined with cleaner production, we have the control and separation of input and output of materials, which contributes to the reuse of materials in the same job and in others jobs. Thus, a management plan for solid waste in works is necessary to reduce the environmental impacts resulting from this activity, and combined with cleaner production, it allows civil works to become more sustainable.

Keywords: civil construction, civil construction waste, waste management, financial gain, cleaner production.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características da Obra 1	19
Tabela 2 – Entrada de materiais de construção	20
Tabela 3 – Características da reforma realizada na Obra 2	22
Tabela 4 – Entrada materiais de construção	23
Tabela 5 - Entulhos gerados na Obra 2	26
Tabela 6 – Análise uso de aluguel de caçambas estacionárias na Obra 1	33
Tabela 7 – Análise do método VPL na Obra 1.....	34
Tabela 8 – Análise de valor de aluguel de um triturador de resíduos	35
Tabela 9 – Análise entre os valores.....	35
Tabela 10 – Análise de resíduos gerados	36
Tabela 11 – Análise VPL	36
Tabela 12 – Análise do uso de triturador de resíduos	37
Tabela 13 – Comparação entre o triturador e as caçambas estacionárias.....	37
Tabela 14 – Viabilidade do Triturador em obras de pequeno porte	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação da destinação de RSU entre 2010 e 2019	9
Figura 2 – Comparação de iniciativas de coleta seletiva nas regiões do Brasil	9
Figura 3 - Fluxograma de Produção mais limpa	11
Figura 4 – Fluxograma desse trabalho	15
Figura 5 - Obra 1 em um dia ensolarado	21
Figura 6 - Obra 1 ao final da tarde	21
Figura 7 - Foto frontal no início da reforma Obra 2.....	23
Figura 8 - Foto da sala durante a reforma Obra 2	24
Figura 9 - Entulho	25
Figura 10 - Percentual de entulho gerado por etapa da obra 1	25
Figura 11 – Entulho e madeira separados em Big Bags.....	28
Figura 12 - Recolhimento dos Big Bags	28
Figura 13 - Entulho estocado em montes no canteiro de obra	29
Figura 14 - Recolhimento entulho na obra de reforma	29
Figura 15 – Carregamento do entulho em caminhão caçamba.....	30
Figura 16 – Madeira sendo transportada para outra obra pela construtora	30
Figura 17 – Madeira armazenada de forma errada em outra obra.....	31
Figura 18 – Madeira sendo deixada em outra obra para reaproveitamento	31
Figura 19 - Reutilização de entulho	32
Figura 20 – Triturador de entulho TE 2 trifásico 3CV 2m3/h – CSM- 4.01.24.043.....	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.4 IMPORTÂNCIA DA GESTÃO E P+L NA CONSTRUÇÃO CIVIL	12
2.5 RESOLUÇÃO CONAMA 307	12
2.6 GESTÃO DOS RESÍDUOS.....	13
2.7 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
2.8 DESCARTE INCORRETO.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS.....	15
3.2 CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	16
3.3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	16
3.4 AÇÕES DE P+L	17
3.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA E ALTERNATIVAS.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS.....	19
4.1.2 Reforma da Obra 2	22
4.2 CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RCC	24
4.2.1 Entulhos da Obra 1	25
4.2.2 Entulhos da Obra 2	26
4.3 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	26
4.4 PROPOSTAS DE AÇÕES DE P+L APLICADAS EM OBRAS CIVIS	32
4.4.1 Identificar as principais matérias primas	32
4.4.2 Realizar a gestão dos resíduos gerados	32
4.4.3 Treinamento da equipe	33
4.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA E ALTERNATIVAS.....	33
4.5.1 Avaliação econômica Obra 1	33
4.5.2 Avaliação econômica Obra 2	35
4.5.3 Estudo de compra de um triturador elétrico	38
5. CONCLUSÕES.....	40
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A construção civil existe no nosso planeta a muitos anos, e a cada ano que passa vem aumentando suas proporções, principalmente nessas últimas décadas, onde construir uma casa não é mais unicamente para o seu conforto e lazer de sua família, mas também um meio para investimento financeiro. Sendo a indústria da construção civil uma importante atividade socioeconômica em nosso país, movimentando desde a equipe que constrói um prédio, até o transporte de material e extração da matéria prima.

Existem inúmeras construtoras espalhadas pelo nosso país, sendo essas responsáveis pelo erguimento de novas casas, prédios, salas comerciais, rodovias, aeroportos, e demais construções, segundo SOUZA (2004), estima-se que este ramo seja responsável pela geração de 3,92 milhões de empregos, sendo o maior setor empregador da economia nacional. Conforme IBGE (2015), no ano de 2014, o setor da construção obteve participação em 6,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro.

Porém com esse aumento constante na construção civil acabou gerando um maior número de resíduos, conhecidos como resíduos de construção civil (RCC). Os RCC são provenientes das sobras de materiais que são utilizados na construção civil, que são divididos nos grupos A, B, C e D.

Além disso a construção civil apresenta-se como grande geradora de impactos ambientais, devido ao consumo de recursos naturais, a modificação da paisagem e a geração de resíduos. O setor tem um desafio de conciliar uma atividade produtiva dessa magnitude com condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável consciente e menos agressivo ao meio ambiente (PINTO, 2005).

Antigamente não havia tanta preocupação com a destinação dos resíduos da construção civil, mas hoje em dia com o acesso a informações e estudos realizados, sabemos da importância que o descarte e controle correto desses resíduos tem para o nosso planeta, podendo causar danos irreparáveis ao meio ambiente, prejudicando a vida e principalmente as gerações futuras.

Dessa forma, estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção. Tais aspectos ambientais, somados à qualidade de vida que o ambiente construído proporciona, sintetizam as relações entre construção e meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

O principal instrumento da legislação referente aos resíduos sólidos no Brasil é dado pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que dispõe sobre a adequada gestão dos resíduos sólidos, sendo regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que estabelece normas para execução de que trata a PNRS.

Assim um plano de Gerenciamento de Resíduos sólidos tem como objetivo avaliar e realizar a destinação correta na geração de resíduos, preservando a qualidade ambiental e também a saúde pública. Além disso um plano bem executado aliado a técnicas de produção mais limpa, podem servir de modelo para outras obras que forem executadas.

1.1 Objetivo geral

Realizar o gerenciamento de resíduos sólidos aliado com a P+L para as obras civis de pequeno porte.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar diferentes obras utilizadas no estudo;
- Quantificar os resíduos gerados nas obras;
- Realizar o gerenciamento para os resíduos gerados em obras avaliadas;
- Propor ações de produção mais limpa que possam ser aplicadas nas obras;
- Fazer a avaliação econômica de alternativas de gerenciamento para as obras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão da literatura tem o objetivo de elucidar conceitos, técnicas e estado da arte, relacionados ao tema do trabalho, auxiliando no entendimento do autor assim como dos leitores do trabalho realizado.

2.1 Geração de resíduos no Brasil

De acordo com Silva e Fernandes (2012), aproximadamente 60% de todo o resíduo sólido gerado no Brasil diariamente tem origem em atividades ligadas a construção civil.

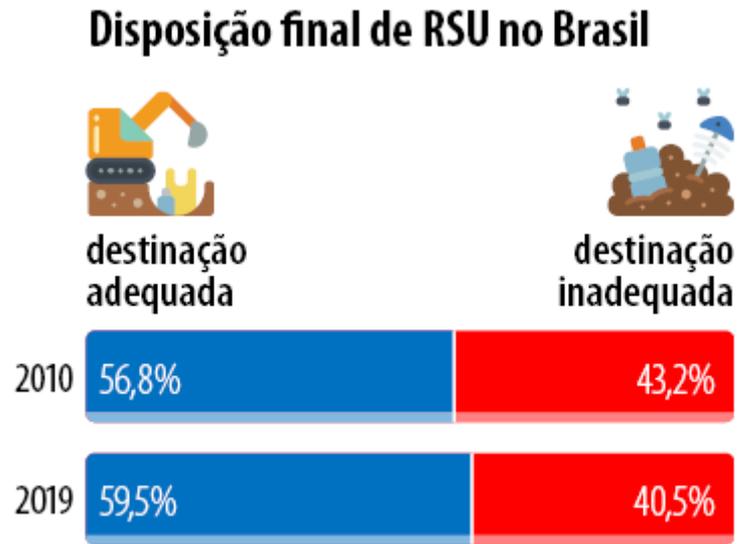
Em alguns municípios brasileiros, mais de 75% dos resíduos de construção civil são oriundos de construções não licenciadas - obras informais - enquanto 15% a 30% são gerados em obras licenciadas pelos órgãos competentes (PINTO, 2005).

Todas as atividades no setor de construção civil geram resíduos. Segundo Pinto (1999), o percentual de perdas no setor é, em média, 50% dos insumos que entram na obra. Segundo Pinto (2005), a taxa média de geração em novos empreendimentos é na faixa de 150 kg/m².

Quando se pensa em obras, é quase impossível não vir a mente a quantidade de materiais quebrados ou que não serão mais utilizados que acabam sobrando no local, seja de uma reforma, ou de uma nova construção. Esses resíduos, infelizmente, acabam sendo descartados de maneira incorreta em terrenos baldios ou em aterros.

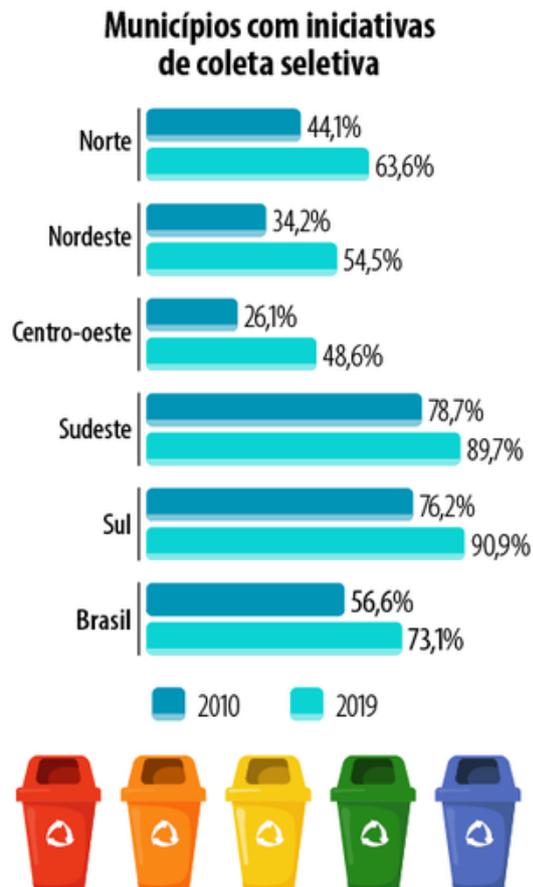
A forma mais adequada de retirar os objetos é a coleta de resíduos de construção civil. Com isso, é possível destinar de maneira correta os indesejados restos de blocos, cimento, azulejo, entre outros. As figuras 1 e 2 apresentam a disposição final de resíduos sólidos no Brasil e as iniciativas de coleta seletiva nas regiões do Brasil nos anos de 2010 e 2019.

Figura 1 – Comparação da destinação de RSU entre 2010 e 2019



Fonte: Abrelpe (2020).

Figura 2 – Comparação de iniciativas de coleta seletiva nas regiões do Brasil



Fonte: Abrelpe (2020).

2.2 Classificação dos resíduos na construção civil

Seguindo a Resolução número 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de julho de 2002 (BRASIL, 2002). Dispõe que os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Os tipos de resíduos são classificados de acordo com a resolução 307/2002 do CONAMA, a classificação dos resíduos na construção civil é dividida em classe A, classe B, classe C e classe D.

Sendo os resíduos de classe A:

São os materiais que podem ser reutilizados na própria obra ou em uma obra vizinha, caso não possam ser reutilizados na obra, podem ser transportados para unidades de reciclagem ou para aterros. (Tijolos, areia, telhas, argamassas, materiais cerâmicos, blocos, concreto, etc.).

Sendo os resíduos de classe B:

Resíduos que podem ser reciclados para outros fins, sendo esse transportados diretamente para unidades de reciclagem. (Papel, papelão, plástico, vidro, metais, madeira, etc.).

Sendo resíduos de classe C:

São os materiais que não podem ser reciclados, pois ainda não há técnicas para o seu reaproveitamento.

Sendo resíduos de classe D:

São os resíduos que podem causar danos à saúde, humana, animal e ao meio ambiente. (Solventes, tintas, verniz, materiais com amianto, e materiais contaminados.).

2.3 A produção mais limpa (P+L)

Produção mais limpa é a aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos. Considerando a variável ambiental em todos os níveis da empresa, como por exemplo, a compra de matérias-primas, a engenharia de produto, o design, o pós-venda, e relaciona as questões ambientais com ganhos econômicos para a empresa. (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS SENAI, 2003).

A implementação de um Programa de Produção mais limpa possibilita à empresa o melhor conhecimento do seu processo industrial através do monitoramento constante para manutenção e desenvolvimento de um sistema eco eficiente de produção com a geração de indicadores ambientais e de processo. Este monitoramento permitirá à empresa identificar necessidades de: pesquisa aplicada, informação tecnológica e programas de capacitação. Além disso, o Programa de Produção mais limpa irá integrar-se aos Sistemas de Qualidade, Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde Ocupacional, proporcionando o completo entendimento do sistema de gerenciamento da empresa. (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS SENAI, 2003).

Figura 3 - Fluxograma de Produção mais limpa



Fonte: SENAI (2003).

Segundo o Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI (2003), o Programa de Produção mais limpa traz para as empresas benefícios ambientais e econômicos que resultam na eficiência global do processo produtivo, através de:

- eliminação dos desperdícios;
- minimização ou eliminação de matérias-primas e outros insumos impactantes para o meio ambiente;
- redução dos resíduos e emissões;
- redução dos custos de gerenciamento dos resíduos;
- minimização dos passivos ambientais;
- incremento na saúde e segurança no trabalho.

2.4 Importância da gestão e P+L na construção civil

Segundo Amorim Junior (2019), reciclar ou reaproveitar esses resíduos que seriam descartados no meio ambiente, mesmo que da forma correta (em aterros sanitários específicos para RCD), além de diminuir a quantidade de resíduos que seriam descartados é uma destinação ambientalmente e economicamente eficaz. Dependendo do porte da edificação, da quantidade de resíduos gerados, do tamanho do canteiro de obra e do tempo de execução podem trazer uma economia significativa para a empresa.

Segundo Mattosinho (2009), a minimização de resíduos na fonte, foco P+L deve ser a primeira alternativa a ser implementada no setor devido a sua ação preventiva, bem como pela possibilidade de se reduzir custos de produção pela otimização no uso de matéria-prima e insumos, fator determinante de competitividade no setor. Desta forma, entende-se que a metodologia da Produção Mais Limpa é uma proposta viável para minimizar a geração de resíduos provenientes do setor da construção, a qual, conforme fora mencionado, visa fornecer diretrizes para a busca de soluções para os problemas identificados na construção civil, pois possibilita sistematizar ações voltadas para a minimização da geração de resíduos na fonte e atender as exigências legais, bem como a dos consumidores.

2.5 Resolução CONAMA 307

A degradação ambiental causada pelos Resíduos da construção civil, fez necessário o poder público utilizar a legislação vigente para criar sanções que possa mudar as atitudes dos empresários em relação a reutilização ou destino correto destes resíduos (SOUSA et al., 2013).

Devido a quantidade considerável de resíduos produzidos pela construção civil e suas consequências ao meio ambiente, a gestão destes resíduos é regulamentada em vários países. O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) é responsável por regulamentar esta ação no Brasil (FERREIRA et al., 2014). A resolução CONAMA N° 307, de 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Sendo assim a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de julho de 2002 (BRASIL, 2002) é o principal marco que regula a gestão do RCC e demanda responsabilidade dos municípios para implementar planos ativos de gerenciamento desses resíduos, logo sendo acompanhado de diretrizes, critérios e procedimentos para um melhor manuseio destes resíduos sólidos.

Segundo a própria resolução do CONAMA, o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.

2.6 Gestão dos resíduos

A gestão dos resíduos sólidos da construção civil, segundo a resolução CONAMA 307, deve contemplar as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação. Na etapa de caracterização o gerador tem a obrigação de identificar e quantificar os resíduos. Para a triagem, o gerador deve realiza-la na origem ou em áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, nesta etapa deve-se respeitar as classes estabelecidas no art. 3º da Resolução. O acondicionamento é a etapa na qual os resíduos são confinados após a geração até a etapa de transporte, nesta etapa deve-se assegurar as condições para reutilização e reciclagem dos resíduos. Na etapa de transporte, deve ser realizado em consonância às etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos. Por fim, a destinação deverá ser feita em observação as classes, da seguinte forma: Classe A: devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou destinado a aterro de resíduos classe A que reserve o material para usos futuros. Classe B: devem ser reutilizados, reciclados ou dirigido a áreas de armazenamento temporário, sua disposição deve permitir a sua utilização ou reciclagem futura. Classe C: devem ser armazenados, transportados e destinados de acordo com as normas técnicas específicas. Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados de acordo com as normas técnicas específicas.

2.7 Reaproveitamento de resíduos na construção civil

Conforme a resolução CONAMA 307, Reutilização é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo, e Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.

Reaproveitamento se dá pela garantia da diminuição de extração de recursos naturais. Destarte, visando a preservação do meio ambiente, o reaproveitamento dos resíduos sólidos tomou um novo rumo com regulamentações a fim de sustentar e orientar os processos de descarte e de reutilização de modo adequado (FIEB, 2018 apud OLIVEIRA *et. al*, 2018).

A reutilização de resíduos deve ser vista e incluídas nas práticas de construção de edificações, logo objetivando uma maior sustentabilidade bem como, a economia de recursos naturais e reduzindo os impactos ambientais. A latente da reciclagem e reaproveitamento dos resíduos é imenso, e o agrupamento destes em tais produtos pode vir a ser benéfico, visto que proporciona grande economia de matérias-primas e energia (PIEREZAN, *et. al*, 2012).

A reutilização na construção civil, faz com que o número de desperdício de materiais diminua, pois diminui o número de materiais descartados e provoca uma inflexão na produção de resíduos. Além disto dispensa a compra de novos materiais, podendo diminuir a extração de recursos naturais, que como já foi dito, são finitos, limitados. (REVISTA CEDS, 2018).

2.8 Descarte incorreto

O descarte incorreto, e até mesmo irresponsável, dos materiais de sobra da construção civil podem acarretar diversos problemas, dentre eles podemos destacar:

- Perda de espaço útil
- Acumulo desnecessário de material
- Proporciona local de fácil proliferação de doenças
- Multas com as entidades responsáveis
- Em períodos de chuva pode favorecer inundações
- Além de conter materiais que podem causar ferimentos

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os passos metodológicos do trabalho estão apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma desse trabalho



Fonte: Autor (2022).

3.1 Caracterização das obras

O trabalho foi realizado através de pesquisa, com visitas realizadas em duas obras no interior do Rio Grande do Sul, a construção de uma casa, chamada de Obra 1 e a reforma de uma casa, chama de Obra 2.

A caracterização das obras de estudo foi realizada através de tabelas com a quantidade de materiais utilizados durante a construção das mesmas, essa caracterização aconteceu de

forma pessoal, sendo realizadas visitas diárias, com a autorização da construtora responsável e com o auxílio dos mesmos no controle de entrada de materiais.

3.2 Classificação e quantificação dos resíduos

A classificação dos resíduos foi realizada seguindo a Resolução número 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 5 de julho de 2002. Os tipos de resíduos são classificados em classe A, classe B, classe C e classe D. Mas nesse caso de estudo, é insignificante a quantidade de resíduos das classes C e classe D, sobrando então apenas os resíduos de classe A e classe B. Então os resíduos foram classificados nesse estudo como, Entulho, Madeira, Plástico e Metais.

A quantificação dos resíduos foi realizada de forma semelhante à de entrada de materiais de construção para as obras, sendo em forma de tabelas e com a autorização dos responsáveis das obras, além do auxílio dos mesmos nesse controle.

Os resultados das obras foram obtidos em forma de visitas, sendo realizado um levantamento fotográfico durante as visitas, no período de janeiro de 2022 até novembro de 2022. E a quantificação dos resíduos foi primeiramente feita por metragem cubica através da quantidade de Big Bags e caçamba de caminhão já a quantificação de materiais foram utilizadas as medidas que a construtora utilizava, como mostram as tabelas de resultados.

3.3 Gerenciamento de resíduos sólidos

No gerenciamento de resíduos desse trabalho, foi utilizada a resolução CONAMA 307, onde deve contemplar as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação.

Na etapa de acondicionamento dos resíduos, a grande maioria foi realizada no canteiro de obras, principalmente a parte de entulho que não é diretamente afetado com as mudanças climáticas, podendo ficar semanas e até meses acondicionados no canteiro de obras, já a madeira não poderia ficar no canteiro de obras, pois é diretamente afetada pelas mudanças climáticas, sendo assim acondicionada em locais de preferência, cobertos e secos, pra manter a qualidade e possível reutilização das mesmas, em último caso era separado um espaço elevado ao chão e coberto por lona preta para manter a qualidade.

3.4 Ações de P+L

Segundo Pimentel (2009), a Produção Mais Limpa é a aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, trazendo benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos. A Produção Mais Limpa considera a variável ambiental em todos os níveis da empresa, e relaciona as questões ambientais com ganhos econômicos para a empresa. Se caracteriza por ações que são implementadas dentro da empresa com o objetivo de tornar o processo mais eficiente, gerando mais produtos e menos resíduos.

Dentro do plano de produção mais limpa, a parte de quantificação tanto de entrada de materiais como na saída de resíduos, é de suma importância, pois com esse controle se torna muito mais fácil de manter a obra mais limpa, e reutilizar o máximo possível dos resíduos dentro do próprio canteiro de obras, além de não desperdiçar material novo. Gerando assim bem menos resíduos provenientes do setor da construção civil, e desfazendo velhos hábitos que aconteciam nessas obras de pequeno porte, que era o descarte incorreto, o desperdício de material de construção, além de queimadas realizadas no canteiro de obras para se livrar de resíduos que atrapalhavam o trabalho e a locomoção dos profissionais na obra.

Para realizar um Programa de Produção mais limpa, no caso de uma construção civil, segundo Pimentel (2009), é necessário seguir algumas etapas, podendo as mesmas variar dependendo do estabelecimento ou empresa que esse programa será aplicado. As principais etapas a serem seguidas são:

- Visita Técnica;
- Comprometimento Gerencial;
- Identificação de Barreiras;
- Formação do ECOTIME;
- Fluxograma do processo;
- Avaliação dos dados coletados;
- Identificação das causas da geração de resíduos;
- Identificação das opções de produção mais limpa;
- Avaliação técnica, ambiental e econômica;
- Implantação;
- Monitoramento e continuidade.

3.5 Avaliação econômica e alternativas

Na etapa de avaliação econômica, foram utilizadas as tabelas de quantificação dos resíduos gerados nas obras para conseguirmos ter uma noção de um possível ganho econômico.

Segundo Pierezan (2012): “A reutilização de resíduos deve ser vista e incluídas nas práticas de construção de edificações, logo objetivando uma maior sustentabilidade bem como, a economia de recursos naturais e reduzindo os impactos ambientais. A latente de reciclagem e reaproveitamento dos resíduos é imenso, e o agrupamento destes em tais produtos pode vir a ser benéfico, visto que proporciona grande economia de matérias-primas e energia.”.

Dentro dessa etapa, além de ser avaliada a reutilização dos resíduos dentro do canteiro de obras, e em outras obras da mesma construtora responsável, também foi feita um estudo de comparação entre alugueis de caçambas estacionárias para o entulho gerado, e o aluguel e compra de um triturador de entulho para reutilizar todo o entulho gerado dentro da própria obra e até mesmo vender o material.

O método utilizado para avaliação nesse trabalho foi o de Valor Presente Líquido (VPL). O método VPL, significa Valor Presente Líquido, é uma fórmula econômica financeira capaz de determinar o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriada, menos o custo do investimento inicial. A baixo podemos identificar a fórmula para calcula o método VPL, essa mesma foi utilizada no programa Excel.

Onde FC_0 é o fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial), podendo ser um investimento, empréstimo ou financiamento, o FC_j são os fluxos de caixa previstos no projeto para cada intervalo de tempo, “ i ” é a taxa de desconto e “ n ” é o período de tempo.

$$VPL = \left[\frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \frac{FC_4}{(1+i)^4} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \right] - FC_0$$

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização das obras

4.1.1 Construção da Obra 1

Primeiramente, para realizar a caracterização da obra, foi feita a leitura do contrato da construtora com o cliente, para obtermos todos os detalhes da obra, sendo essa sujeita a mudanças ao longo de sua construção. As características mais gerais estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características da Obra 1

Construção de uma casa de 160 m²	
Tamanho	160m ²
Andares	1
Casa com laje	
Cobertura	Aluzinco
Vigas e Pilares	Madeira de Pinheiro
Equipe de construção	3 Pedreiros, 2 serventes
Equipe de pintura	3 pintores
Equipe hidráulica	2 encanadores
Equipe elétrica	2 eletricitas

Fonte: Autor (2022).

Na segunda etapa, foi realizado o controle de entrada de materiais de construção na obra, esse com extrema ajuda da construtora, e com o auxílio também dos profissionais da obra, através de uma conversa que sempre foi realizada nas visitas diárias na obra. A relação dos materiais de construção que foram entregues estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Entrada de materiais de construção

Materiais Utilizados	Unidade	Quantidade
Cimento (50kg)	unidade	406,0
Cal (20 kg)	unidade	143,0
Areia	m ³	75,5
Brita	m ³	44,5
Madeira	dúzia	12,1
Ferro 5.0 mm (12m)	unidade	296,0
Ferro 5/16” (12m)	unidade	51,0
Ferro 3/8” (12m)	unidade	151,0
Ferro ½” (12m)	unidade	22,0
Arame recozido (1 kg)	unidade	22,0
Tijolo (24x14x9cm)	unidade	14.583,0
Porcelanato	m ²	260,0
Cimento cola ACIII (20 kg)	unidade	103,0
Tinta 18L	unidade	8,5
Escoras 3m	unidade	300,0
Concreto (Concresul)	m ³	32,0
Vigotas e tabelas	m ²	160,0

Fonte: Autor (2022).

Nas Figuras 5 e 6 podemos identificar a obra já erguida, para facilitar na caracterização da mesma.

Figura 5 - Obra 1 em um dia ensolarado



Fonte: Autor (2022).

Figura 6 - Obra 1 ao final da tarde



Fonte: Autor (2022).

4.1.2 Reforma da Obra 2

Na reforma realizada na Obra 2 foi substituído o forro de madeira de toda a casa, incluindo as abas, por forro de PVC, todo o piso da casa foi tocado e erguido com concreto, algumas paredes foram derrubadas e serão substituídas por janelas de vidro, algumas paredes foram derrubadas para juntar dois cômodos, foram adicionadas tesouras de ferro para aguentar a estrutura do coberto, estruturas de viga e pilares foi feita com madeira de pinheiro, uma torre de concreto foi levantada no centro da casa. Na tabela 8 podemos encontrar as características gerais da obra.

Tabela 3 – Características da reforma realizada na Obra 2

REFORMA DE UMA CASA	
Tamanho	170m ²
Andares	1
Casa sem laje	
Cobertura	Folha de fibrocimento
Vigas e Pilares	Não fizeram parte da reforma
Equipe de construção	3 Pedreiros, 2 serventes
Equipe de pintura	3 pintores
Equipe hidráulica	2 encanadores
Equipe elétrica	2 eletricitas

Fonte: Autor (2022).

Como foi feito na Obra 1, sendo realizado o controle de entrada de materiais de construção na obra, esse com extrema ajuda da construtora, e com o auxílio também dos profissionais da obra, através de uma conversa que sempre foi realizada nas visitas diárias na obra. A relação dos materiais de construção que foram entregues estão descritos na Tabela 9.

Tabela 4 – Entrada materiais de construção

Materiais Utilizados	Unidade	Quantidade
Cimento (50 kg)	Unidade	196,0
Cal (20 kg)	Unidade	68,0
Areia	m ³	20,4
Brita	m ³	14,4
Madeira	Dúzia	3,4
Ferro 3/8” (12m)	Unidade	20,0
Ferro 1/2” (12m)	Unidade	5,0
Ferro 5/16” (12m)	Unidade	15,0
Tijolo (24x14x9cm)	Unidade	4.185,0
Tinta 18L	Unidade	8,0
Escoras 3m	Unidade	35,0
Cimento cola AC III (20 kg)	unidade	110,0

Fonte: Autor (2022).

Figura 7 - Foto frontal no início da reforma Obra 2



Fonte: Autor (2022).

Figura 8 - Foto da sala durante a reforma Obra 2



Fonte: Autor (2022).

Na figura 7 pode-se ver o início da reforma da Obra 2, e na figura 8 temos uma foto interna da sala de estar com o forro antigo de madeira já retirado.

4.2 Classificação e quantificação dos RCC

A classificação de resíduos utilizada nesse trabalho foi de maneira mais prática para facilitar o entendimento, sendo insignificante a quantidade de resíduos das classes C e D, restando apenas resíduos de classe A e de classe B. Então nesse trabalho os resíduos foram classificados como, Entulho, Madeira, Plástico e Metais. A parte da caracterização dos resíduos foi de fácil entendimento dos responsáveis, conseguindo identificar quanto a Entulho, Madeira,

Plástico e Metais. Mas nesse trabalho foram quantificados apenas os dados de entulho, sendo esse o maior causador de resíduos em obras.

Figura 9 - Entulho

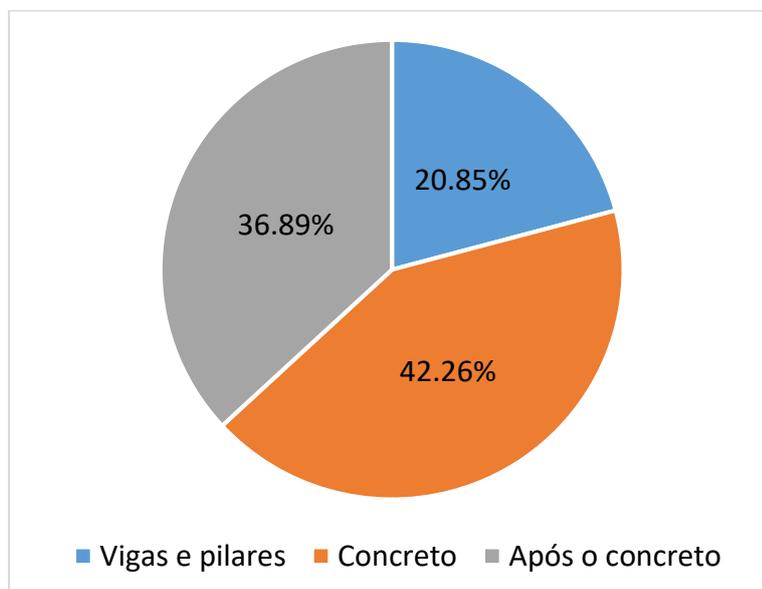


Fonte: Autor (2022).

4.2.1 Entulhos da Obra 1

Utilizando as anotações realizadas pela construtora, conseguimos obter uma porcentagem de entulhos gerados durante as etapas dessa obra na Figura 10, somando um total de 16m³.

Figura 10 - Percentual de entulho gerado por etapa da obra 1



Fonte: Autor (2022).

4.2.2 Entulhos da Obra 2

Na separação dos resíduos na Obra 2, obtiveram algumas dificuldades, principalmente na parte de demolição onde as vigas e pilares tem ferro junto ao entulho, necessitando assim um esforço maior. Pode-se notar também que o volume de entulho gerado na Obra 2 é de 3,5 vezes maior em relação a Obra 1, isso devido a ser uma reforma, o que acaba gerando entulho na hora do desmanche e na construção também.

Tabela 5 - Entulhos gerados na Obra 2

Peso kg	Volume m³	Peso kg por m³
84000	56	1500
Período de duração da Obra (meses)		10,5
Média de volume gerado por mês (m ³)		4,67
Média de peso gerado por mês (kg)		7000

Fonte: Autor (2022).

4.3 Gerenciamento dos resíduos sólidos

Segundo Pucci (2006), o objetivo de um Plano de Gestão de Resíduos deve ser, em primeiro lugar, reduzir a quantidade de resíduo gerado, com o objetivo de minimizar a quantidade que deve ser gerenciada. Assim, é importante levantar quais conceitos estão relacionados às perdas de material na construção civil. Da mesma forma, é importante que este Plano não tenha impacto na produtividade da execução dos trabalhos. O impacto na produtividade afeta diretamente os custos das obras e, se existir de forma relevante, torna-se um obstáculo para a aplicação do Plano. Com a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 05 de julho de 2002, a responsabilidade de realizar a gestão dos resíduos de construção civil passou a ser dos próprios geradores.

Realizando o gerenciamento dos resíduos sólidos, então, foi primeiramente realizada a separação dos resíduos nas obras, separando o entulho até a primeira metade das obras em Big Bags, como mostra na figuras 11 e 12, e posteriormente, na segunda metade das obras, foi optado em armazenar os entulhos em montes próximos as obras, como indica na figuras 13 e 14, de maneira que não atrapalhe o desenvolvimento dos trabalhos, a madeira das obras foi

praticamente toda reutilizada, os pedaços de maior tamanho foram transferidos para uma terceira obra que a construtora estava realizando, e os pedaços de pequeno porte, onde os profissionais da obra decidiam que não teriam mais como serem utilizados, foram destinados para virar lenha de fogo, a parte dos metais, sendo essa presente apenas na Obra 2 foi enviada até um ponto de recolhimento de sucatas e ferro velho, os plásticos foram colocados direto nas lixeiras municipais, onde as mesmas já são identificadas para a coleta seletiva. Uma parte do entulho, cerca de 2m³ foi reaproveitada na Obra 2 para fazer o contra piso, poupando nesse caso, brita, que seria o material utilizado, o restante do entulho gerado foi recolhido principalmente pela prefeitura municipal e uma pequena parte pela construtora responsável, sendo esses destinados em um aterro local.

A separação dos resíduos foi realizada desde o início das obras até o final delas, assim, facilitando a coleta e aumentando muito o reaproveitamento de resíduos, como por exemplo madeira que foi muito reutilizada, principalmente nos pequenos detalhes, como enquadro de janelas.

Esse controle na entrada de materiais de construção e o controle de geração de resíduos foi de muita importância para manter a obra sempre limpa e organizada, e também para evitar desperdício de material. O armazenamento em obra é temporário, podendo variar de semanas a meses, mas não prejudicando a mão de obra dessas construções.

O transporte dos resíduos, por ter sido um estudo realizado no interior do Rio Grande do Sul, a maior parte foi realizada pela própria prefeitura local e pela construtora da obra.

E a destinação dos mesmos variou de uma obra para outra, sendo uma parte dos entulhos indo para um aterro, e outra parte reutilizada na construção civil, a madeira foi reutilizada até que foi possível, sendo o restante, considerado não utilizável em obras civis, destinado para madeira de fogo, os metais foram destinados para um recolhedor de sucatas, também conhecido como ferro velho, os plásticos foram separados e deixados diretamente nas lixeiras públicas de separação.

Figura 11 – Entulho e madeira separados em Big Bags



Fonte: Autor (2022).

Figura 12 - Recolhimento dos Big Bags



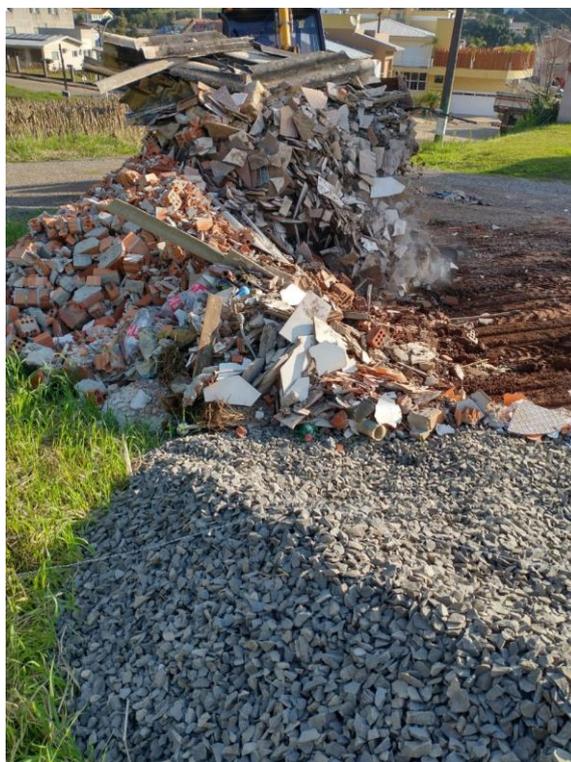
Fonte: Autor (2022).

Figura 13 - Entulho estocado em montes no canteiro de obra



Fonte: Autor (2022).

Figura 14 - Recolhimento entulho na obra de reforma



Fonte: Autor (2022).

Figura 15 – Carregamento do entulho em caminhão caçamba



Fonte: Autor (2022)

Figura 16 – Madeira sendo transportada para outra obra pela construtora



Fonte: Autor (2022).

Figura 17 – Madeira armazenada de forma errada em outra obra



Fonte: Autor (2022).

Figura 18 – Madeira sendo deixada em outra obra para reaproveitamento



Fonte: Autor (2022).

Figura 19 - Reutilização de entulho



Fonte: Autor (2022).

4.4 Propostas de ações de P+L aplicadas em obras civis

4.4.1 Identificar as principais matérias primas

Sabendo o que vai ser utilizado na obra que será realizada, o responsável sempre estará um passo à frente na questão de produção mais limpa, pois com a identificação de resíduos que podem ser reaproveitados, conseguira evitar compras desnecessárias com materiais novos.

4.4.2 Realizar a gestão dos resíduos gerados

Como foi comentado, dentro das ações de produção mais limpa, a parte de gerenciamento de resíduos sólidos, caracterização das obras, identificando detalhadamente os materiais de entradas, caracterizando os resíduos gerados, quantificando tanto de entrada de materiais como na saída de resíduos, é de suma importância, pois com esse controle se torna muito mais fácil de manter a obra mais limpa, e reutilizar o máximo possível dos resíduos dentro do próprio canteiro de obras, além de não desperdiçar material novo.

4.4.3 Treinamento da equipe

A equipe técnica de uma obra com o treinamento de identificação de resíduos, e a separação correta, renderá muitos mais tempo para a construtora, tanto na questão de retirada de resíduo, como na velocidade da obra, pois no momento em que a obra estiver organizada o serviço fluirá de maneira mais rápida, além de facilitar muito no momento de recolhimento do resíduos.

4.5 Avaliação econômica e alternativas

Na avaliação econômica, foi realizado um estudo com base nos entulhos gerados nas duas obras estudadas, avaliando alternativas possíveis de ganhos econômicos para obras futuras.

4.5.1 Avaliação econômica Obra 1

A maior parte de retirada de entulho, foi realizada pela prefeitura municipal de forma gratuita e o restante a própria construtora que realizou essa retirada, mas pensando em obras fora do interior, sendo essas realizadas em cidades de maior porte, e que a prefeitura não fornece esse auxílio, foi realizado um estudo de valores para essa retirada de resíduos sólidos. Na Tabela 4, podemos ver um estudo de valor utilizado em caçambas estacionárias no caso dessa obra. Utilizando o site de classificados OLX, chegamos em um valor médio por caçamba de 250,00.

Tabela 6 – Análise uso de aluguel de caçambas estacionarias na Obra 1

Capacidade de Volume por Caçamba (m³)	4
Preço médio por caçamba	R\$ 250,00
Peso por caçamba (kg)	6.000
Número de caçambas necessárias	4
Custo total	R\$ 1.000,00

Fonte: Autor (2022).

Foi utilizada a taxa de 0,04388 nesse cálculo por que essa é a taxa Selic no ano de 2022, sendo 13,75%, dividida pelos dias de duração da obra, aproximadamente 310 dias. Segundo a InfoMoney (2022), a taxa Selic representa os juros básicos da economia brasileira, os movimentos da Selic influenciam todas as taxas de juros praticadas no país, sejam as que um banco cobra ao conceder um empréstimo, sejam as que um investidor recebe ao realizar uma aplicação financeira.

Com esse método podemos ver que o valor de custo seria menor do que 1000 reais, sendo de 676,75 aproximadamente, como mostra na Tabela 5.

Tabela 7 – Análise do método VPL na Obra 1

Método VPL	
Taxa	0,04388
Mês	Fluxo
1	R\$ 0,00
2	R\$ 0,00
3	R\$ 0,00
4	R\$ 0,00
5	-R\$ 250,00
6	R\$ 0,00
7	R\$ 0,00
8	R\$ 0,00
9	-R\$ 250,00
10	R\$ 0,00
11	-R\$ 250,00
12	-R\$ 250,00
VPL	-R\$ 676,75

Fonte: Autor (2022).

Na análise de aluguel do triturador de entulho, Tabela 6, foi utilizado um valor estimado de 450,00 por dia de aluguel, para realizar a comparação de valores com o aluguel das caçambas, mas esse valor foi estimando através de pesquisa pessoal com os profissionais da obra. E na Tabela 7 foi feita a comparação entres as duas maneiras de aluguel para retirada de entulho na obra.

Tabela 8 – Análise de valor de aluguel de um triturador de resíduos

Dados Triturador de resíduos	
Aluguel do triturador por dia	R\$ 450,00
Capacidade por dia em m ³	15
Nº de dias de aluguel	2
Custo total para 4 dias	R\$ 900,00
Volume de entulho triturado considerando uma perda de 5% (m ³)	15,2
Valor estimado (positivo) do entulho para a construtora por m ³	R\$ 110,00
Valor total Positivo	R\$ 1.672,00

Fonte: Autor (2022).

Tabela 9 – Análise entre os valores

Comparação de Serviços			
	Custos	Ganhos	Saldo
Recolher por caçamba	R\$ 676,75	R\$ 0,00	-R\$ 676,75
Triturador	R\$ 900,00	R\$ 1.672,00	R\$ 772,00

Fonte: Autor (2022).

Podemos perceber nessa comparação Tabela 9, que o triturador de entulho seria vantajoso em comparação ao aluguel das caçambas, pois além de não precisar retirar o entulho da obra, ele seria todo reaproveitado novamente como pedrisco. Salientando que esses são valores aproximados, já que a literatura não fornece valores exatos de alugueis.

4.5.2 Avaliação econômica Obra 2

Na tabela 10, podemos encontrar a quantidade de resíduos gerados na Obra 2, sendo essa maior do que da Obra 1, por isso necessitando de mais caçambas para realizar a retirada desses entulhos, caso fosse necessário.

Tabela 10 – Análise de resíduos gerados

Resíduos gerados		
Peso kg	Volume m³	Peso kg por m³
84000	56	1500
Período de duração da Obra (meses)		10,5
Média de volume gerado por mês (m ³)		4,666666667
Média de peso gerado por mês (kg)		7000
Capacidade de Volume por Caçamba m ³		4
Preço médio por caçamba		R\$ 250,00
Peso por caçamba kg		6000
Número de caçambas necessárias		14
Preço total		R\$ 3.500,00

Fonte: Autor (2022).

Nas tabelas 11, 12 e 13, estão descritos os valores que seriam utilizados nas caçambas estacionárias e no triturador, e como na Obra 2, por ser uma reforma de uma casa acabou gerando muito mais resíduos, a comparação final se tornou muito mais viável o aluguel de um triturador.

Tabela 11 – Análise VPL

Mês	Caçambas	Volume coletado	Volume acumulado	Custo
1	1	4	0,66	-R\$ 250,00
2	1	4	1,33	-R\$ 250,00
3	1	4	1,99	-R\$ 250,00
4	1	4	2,66	-R\$ 250,00
5	1	4	3,33	-R\$ 250,00
6	2	7,99	0	-R\$ 500,00
7	1	4	0,66	-R\$ 250,00
8	1	4	1,33	-R\$ 250,00
9	1	4	1,99	-R\$ 250,00
10	1	4	2,66	-R\$ 250,00
11	1	4	3,33	-R\$ 250,00
12	2	7,99	0	-R\$ 500,00

VPL	-R\$ 3.500,00
------------	----------------------

Fonte: Autor (2022).

Tabela 12 – Análise do uso de triturador de resíduos

Dados Triturador de resíduos	
Aluguel do triturador por dia	R\$ 450,00
Capacidade por dia em m ³	15
Nº de dias de aluguel	4
Custo total para 4 dias	R\$ 1.800,00
Volume de entulho triturado considerando uma perda de 5% (m ³)	53,2
Valor estimado (positivo) do entulho para a construtora por m ³	R\$ 110,00
Valor total Positivo	R\$ 5.852,00

Fonte: Autor (2022).

Tabela 13 – Comparação entre o triturador e as caçambas estacionárias

Comparação de Serviços			
	Custos	Ganhos	Saldo
Recolher por caçamba	R\$ 3.253,89	R\$ 0,00	-R\$ 3.253,89
Triturar	R\$ 1.800,00	R\$ 5.852,00	R\$ 4.052,00

Fonte: Autor (2022).

Os valores utilizados no aluguel do triturador podem ser considerados ilustrativos, pois foram apenas encontrados valores de mensais do aluguel do equipamento, o que não compensava os valores em obras de pequeno porte.

Como já foi mencionado os resíduos dessas duas obras foram retirados pela própria prefeitura e pela construtora responsável, sendo eles os responsáveis pela destinação correta dos mesmos.

4.5.3 Estudo de compra de um triturador elétrico

Como foi mostrado nos estudos acima, o triturador se torna mais viável do que as caçambas estacionárias, mas utilizando um valor aproximado por dia de aluguel. Para uma construtora que constrói um número maior de casas por ano, acredita-se ser viável no valor de retorno que todo o resíduo de obras pode gerar.

Um triturador de entulho elétrico pode ser adquirido por aproximadamente 20.000 reais, com capacidade de triturar 2m³ por hora.

E como podemos ver na Tabela 14, temos a comparação de viabilidade de compra desse triturador.

Figura 20 – Triturador de entulho TE 2 trifásico 3CV 2m³/h – CSM- 4.01.24.043



Fonte: LojadoMecanico (2022).

Tabela 14 – Viabilidade do Triturador em obras de pequeno porte

Viabilidade da compra do Triturador	
Valor aproximado Triturador em reais	20.000,00
Valor aproximado em reais para cada m ³ de resíduo gerado	110,00

Resíduo gerado Obra 1 (m ³)	16
Resíduo gerado Obra 2 (m ³)	56
m ³ de resíduos necessários para o Triturador se pagar	182

Fonte: Autor (2022).

No caso de viabilidade de compra do triturador, como podemos ver na Tabela 14, seriam necessária doze construções do mesmo parâmetro da Obra 1 para começar a ter retorno financeiro em cima dessa máquina, já no caso da Obra 2 que gerou bem mais resíduos, começaria a ter um retorno financeiro a partir da quarta reforma do mesmo parâmetro.

5. CONCLUSÕES

Esse plano através de estudo permitiu analisar como esse tema vem cada vez mais abordando o assunto relacionado à reutilização de resíduos sólidos da construção civil. Observou-se também que esse tema passou a ganhar maior interesse e relevância nos últimos anos, o que demonstra a importância de se conhecer as questões relacionadas e esse tópico. Permitindo explorar maneiras de reutilizar de forma correta resíduos que são provenientes de obras de construção civil, principalmente dentro do próprio canteiro de obras e em obras futuras.

Utilizando a estratégia correta em cada obra, a reutilização e destinação correta dos resíduos beneficiam de várias maneiras a construção dessa obra, como, uma melhor qualidade da segurança dos profissionais na obra, já que os resíduos estarão estocados de forma correta e separada, ajudando na própria obra, dando um aspecto mais limpo e organizado, o projeto se torna mais valorizado, pois além de deixar o meio ambiente mais livre de algumas degradações, auxilia na economia dessas construções.

Na questão econômica, no caso dessas duas obras estudadas, ainda se torna mais viável destinar o entulho que não conseguir reutilizar em obra, para aterro. Pois, com o auxílio da prefeitura municipal, se torna uma ação sem custo para a construtora, por outro lado, o estudo de compra de um triturador, se mostrou muito satisfatório para uma construtora de porte maior, ou que reside em uma cidade onde a prefeitura não auxilia no recolhimento de entulho, conseguindo transformar o entulho em material utilizável na obra, poupando na compra de material de construção, e poupando nos gastos para o recolhimento dos resíduos gerados.

Por fim, realizando o reaproveitamento desses resíduos dentro da própria obra e destinando os resíduos que não podem mais ser reaproveitados para um local correto, pode-se notar um melhor gerenciamento desses resíduos sólidos, provocando assim resultados satisfatórios para a população, para o dono da obra, para a construtora responsável pelo serviço, e o meio ambiente terá uma redução dos impactos ambientais, assim gerando obras mais limpas, eficientes e produtivas.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para trabalhos futuros, propor um plano de gerenciamento integrado de resíduos para a construtora utilizar em suas obras, avaliar melhores opções de gerenciamento para os resíduos classe 1, realizar a quantificação e qualificação dos resíduos gerados de forma mais específica por fase da obra, como: fundações, estruturas, pilares, vigas, alvenaria, cobertura e acabamento, além de realizar um estudo do uso de um triturador em entulho de obras civis.

REFERÊNCIAS

AMORIM JUNIOR, Laelson de Andrade. **Classificação e quantificação dos resíduos de construção e demolição (RCD) e suas potencialidades de reciclagem ou reutilização em cinco obras de edificação na cidade do Recife**. 2019. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

CAETANO, Marcelo Oliveira; SELBACH, João Batista Oliveira; GOMES, Luciana Paulo. **Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 51-67, jun. 2016.

CARVALHO, Gabriela Mendes de. **Levantamento dos resíduos gerados pela construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. 2017. 114 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS SENAI (Brasil). **IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA**. 2003. Disponível em: <https://www.senairs.org.br/documentos/implementacao-de-programas-de-producao-mais-limpa>. Acesso em: 20 set. 2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001**. Acesso em: 16/04/2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002**. Acesso em: 16/04/2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 313, 29 de outubro de 2002**. Acesso em: 16/04/2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 348, de 17 de agosto de 2004**. Acesso em: 12/06/2014.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011**. Acesso em: 16/04/2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 448, de 19 de janeiro de 2012**. Acesso em: 16/04/2022.

FRANÇA, Luciano Figueiredo; 2010. **Soluções Econômicas com Tecnologia para Construções com a Utilização de Materiais Recicláveis/Reutilizáveis e Renováveis**. *Projeto de Graduação*. Minas Gerais. Universidade Federal de Minas Gerais.

LEITE, Januaria Cecilia Pereira Simões; Neto, Mario Teixeira Reis. Meio ambiente e os embates da construção civil. *Revista Construindo*, v. 06, n. 02, 2014. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/2766>. Acesso em: 28 setembro 2022.

MATTOSINHO, C.; PIONÓRIO, C. **Aplicação da Produção Mais Limpa na Construção Civil: Uma Proposta de Minimização de Resíduos na Fonte**. 2009. 9 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, São Paulo, 2009.

MORAES, Marcio. **Como aproveitar o entulho da obra: Empregado na construção, o descarte se traduz em economia.** 2017. Arquitetura & Construção. Disponível em: <https://arquiteturaeconstrucao.abril.com.br/materiais/como-aproveitar-o-entulho-da-obra/>. Acesso em: 30 abr. 2022.

OLIVEIRA, Miguel Ramos de; BONETTO, Nelson Cesar Fernando. Reutilização de Resíduos na Construção Civil. **Centro De Pós- Graduação, Pesquisa E Extensão Oswaldo Cruz.** Disponível em: https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_22_MIGUEL_RAMOS_DE_O_LIVEIRA.pdf. Acesso em: 28 setembro 2022.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre; DUARTE, Eric Brum de Lima; LUZ, Eliana Gonçalves da. **Valorização dos resíduos de construção civil classe B gerados durante as obras de um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo.** 2012. 17 f. Tese (Doutorado) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2012.

PIEREZAN, Jerônimo; ANTOCHEVES, Rogério. Reaproveitamento do Entulho da Construção Civil. Trabalho de Conclusão de Curso, **Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.** Disponível em: <http://www.tapera.net/acit/eventos/2012/reaproveitamento.pdf>. Acesso em: 28 de setembro 2022.

PIMENTEL, Scheila Henrich. **Produção Mais Limpa Aplicada à Construção Civil.** 2009. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

PINTO, Álvaro Vieira. **O Conceito de Tecnologia.** Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 218 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PUCCI, Ricardo Basile. **Logística de Resíduos da Construção Civil atendendo à Resolução CONAMA 307.** 2006. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Sistemas Logísticos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

REDETV! ES (Espírito Santo). **Empresa recicla resíduos da construção civil.** 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iM-0lIK1bZU>. Acesso em: 30 abr. 2022.

REVISTA CEDS. Maranhão: Undb, 2018.

RIBEIRO, Guilherme Carnizella. **Avaliação do Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no município de Torres, Rio Grande do Sul.** 2013. 100 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Torres, 2013.

SILVA, V, A; FERNANDES, A, L. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. **Revista Sociedade & Natureza**, v.24, n.2, p. 333-344, 2012

SOUSA, Antônia Márcia Rodrigues et al. **O olhar ambiental da construção civil: um estudo sobre gestão de resíduos sólidos no Ceará.** In: encontro internacional sobre gestão

empresarial e meio ambiente. Disponível em:

<<http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/203.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2022.

Souza UEL, Paliari JC, Agopyan V, Andrade AC. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. Ambiente construído.** 2004; 4(4): 33-46.

SOUZA, Ioneide Nunes Carvalho. **Impactos causados pelos resíduos procedentes da construção civil e demolição: uma análise conceitual dos procedimentos para minimizá-los.** Disponível em:

https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/impactos_causados_pelos_residuos_procedentes_da_construcao_civil_e_demolicao_uma_analise_conceitual_dos_procedimentos_para_minimiza_los.pdf. Acessado em: 25 set. 2022.

TEGRA INCORPORADORA (Rio de Janeiro). **Relatório Anual 2020.** Rio de Janeiro: Tegra, 2020.

UFRGS, Portas Abertas. **Uso de resíduos de Construção e Demolição.** 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vWLej-Q4wfQ>. Acesso em: 30 abr. 2022.