

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE AGREGADOS
RECICLADOS PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

PAULO VITOR BUTA PEREIRA

**ORIENTADOR: CLAUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA
FEITOSA PEREIRA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM ENGENHARIA
AMBIENTAL**

Brasília – DEZEMBRO/2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE AGREGADOS
RECICLADOS PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

PAULO VITOR BUTA PEREIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL.

APROVADA POR:

Prof. Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, Doutor. (EnC/UnB)

(ORIENTADOR)

Prof. João Henrique da Silva Rêgo, Doutor. (EnC/UnB)

(EXAMINADOR INTERNO)

Eng^a. Karoline Matos da Hora, Mestre (PECC/UnB)

(EXAMINADORA EXTERNA)

DATA: BRASÍLIA/DF, 12 DE DEZEMBRO DE 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, PAULO VITOR BUTA

Análise de ciclo de vida de agregados da reciclados para uso na construção civil.

ix, 62 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Ambiental, 2019)

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Análise de Ciclo de Vida 2. Reciclagem

3. Agregados 4. Rotulagem

I. ENC/FT/UnB II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, P.V.B. (2019). *Análise de ciclo de vida de agregados da reciclados para uso na construção civil*. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p. 77.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Paulo Vitor Buta Pereira

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise de ciclo de vida de agregados da reciclados para uso na construção civil.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Ambiental / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Paulo Vitor Buta Pereira

paulovitorbp8@gmail.com

AGRADECIMENTOS

A Deus a oportunidade e honra de ter estudado Engenharia Ambiental em uma das melhores universidades do Brasil, a Universidade de Brasília.

Aos meus pais, Irismar (*In memoriam*) e Lúcia Buta, por toda educação que me deram, pela atenção, pelo carinho e apoio nos momentos difíceis.

A minha irmã Carol pela paciência que teve comigo durante nosso convívio com ela, por todo empurrãozinho, sermão e ajuda.

A Doutrina Espírita que sempre esteve presente na minha vida independente do momento.

Aos meus avós que foram um grande exemplo para mim de determinação, resiliência e trabalho.

A toda a minha família que não mediu esforços para apoiar os meus familiares seja nos momentos bons ou ruins.

Ao tio Paulo por todo apoio, proteção e incentivo para fazer Engenharia Ambiental na UnB. A tia Emília pela disponibilidade de tempo para dar aulas a fim de que eu e minha irmã pudéssemos ter base para passar no vestibular.

As minhas tias de Anápolis: Ângela, Rosana e Carmen pelo carinho e zelo que tiveram comigo nessa caminhada.

Aos meus primos por todos os rolês, ajudas, incentivos, risadas, viagens e histórias.

Aos meus amigos do malandramente, ensino médio e bonde do Alexcey, agradeço pelas risadas, momentos bons, festas e apoio.

Aos meus amigos da Engenharia Ambiental que vivenciaram comigo, ao longo da graduação, momentos bons e ruins, seja na época de provas, festas e no dia a dia. Agradeço pelo acolhimento, fui abraçado pelo curso desde o primeiro dia de aula.

Ao meu orientador, professor Claudio, que acreditou no meu trabalho, esforço e dedicação para fazer o projeto final nessa área.

A Martins Ambiental por abrir as portas e compartilhar os dados para que eu pudesse fazer o meu projeto final.

A todas as pessoas que tive contato na UnB, de diferentes cursos, obrigado pela troca de ideias. Vocês me ajudaram a amadurecer no campo intelectual, pessoal e profissional.

Aos colegas que participaram comigo no processo de fundação da Empresa Júnior da Engenharia Ambiental, à Flua, e todos os seus membros, obrigado pelo conhecimento compartilhado, feedbacks, projetos, conquistas, ENEJ e alegrias vividas. Espero que a empresa seja o grande legado e que os futuros estudantes do meu curso possam ter a mesma experiência que eu tive.

Aos colegas que fiz no meu estágio na ANTT, obrigado pelo conhecimento compartilhado. Graças a vocês, a minha visão sobre o meio ambiente mudou de patamar.

Enfim, a todos aqueles que me apoiaram e torceram por mim, o meu muito obrigado, essa conquista também é de vocês!

RESUMO

Análise de ciclo de vida de agregados reciclados para uso na construção civil.

Autor – Paulo Vitor Buta Pereira.

Orientador – Claudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira.

A construção civil é um setor que agrega bastante em diversos ramos do país, todavia, ao mesmo tempo é uma das áreas que tem mais gerado impactos ambientais para a produção de seus materiais. O presente estudo traz a análise de ciclo de vida modular de uma usina no Distrito Federal que utiliza resíduos de construção civil para a produção de novos agregados da construção que serão utilizados em diversos segmentos da construção. A visita técnica e entrevista foram fatores primordiais no sentido de conhecer o processo produto e elencar o consumo de água, energia e resíduos. Outro fator consiste no enquadramento da rotulagem ambiental com base nas normas NBR ISO 14020 por meio do preenchimento dos pré-requisitos, formulação de um novo rótulo de maneira que haja um produto com selo verde em Brasília. Nesse sentido, pode-se seguir os princípios da norma ISO 14040, como definição de escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretações, ao aplicar o ciclo de vida modular para blocos de calçada com resultados que abrangem o consumo de energia, água e resíduos. Outro fator foi a criação de parâmetros com base no tanto que é consumido por tonelada de agregado de maneira que há no final o enquadramento da rotulagem tipo II. Dessa maneira, como conclusão há a aplicação do acv modular para os elementos levantados, elaboração de cenários e, em consequência, o enquadramento no sistema de rotulagem ambiental do tipo II, autodeclaração, para a situação da usina estudada.

Palavras-chave: Ambiental; Ciclo de Vida; Resíduos de Construção; Rotulagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pilares da lei 4704/2011.....	13
Figura 2 - Fluxo Esquemático - ACV.....	16
Figura 3 - Esquema de AICV - (Adaptado).....	19
Figura 4 - Sistema de pontuação LEED.	25
Figura 5 - Selo FSC.	26
Figura 6 - Selo Procel.....	28
Figura 7 - Representação ISO 14025:2017 – Adaptado.....	29
Figura 8 - Esquema de obtenção da rotulagem.....	37
Figura 9 - Usina.	41
Figura 10 - Britadores da usina.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Panorama de resíduos de construção e demolição.	9
Tabela 2 - Classificação de materiais da construção civil.	10
Tabela 3 - Entradas e saídas do ACV	18
Tabela 4 - Principais selos do Mundo.	23
Tabela 5 - Tipos de selos ou rótulos ambientais segundo a classificação da ISO.....	24
Tabela 6 - Unidades adotadas	33
Tabela 8 - Valores de Energia.	44
Tabela 9 - Valores de água.	45
Tabela 10 - Valores de materiais.	46
Tabela 11 - Valores de materiais e resíduos.	46
Tabela 12 - Parâmetros para a rotulagem ambiental.	50

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	33
Equação 2	33
Equação 3	34
Equação 4	34
Equação 5	34
Equação 6	34
Equação 7	35
Equação 8	35
Equação 9	Error! Bookmark not defined.
Equação 10	35
Equação 11	Error! Bookmark not defined.
Equação 12	36
Equação 13	36
Equação 14	Error! Bookmark not defined.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abrelpe	Associação Brasileira Empresas de Limpeza e Resíduos Especiais
ACV	Análise de Ciclo de Vida
AICV	Análise de Inventário de Ciclo de Vida
BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability
CAESB	Companhia de Água e Esgotamento Sanitário de Brasília
CO2	Gás Carbônico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EDIP	Environmental Design of Industrial Products
EPS	Environmental Priority Strategies in product development
EUA	Estados Unidos da América
FSC	Forest Stewardship Council
GDF	Governo do Distrito Federal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMPACT	Impact Assessment of Chemical Toxics
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LIME	Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling
LUCAS	LCIA method Used for a CanadianSpecific context

MEEuP	Methodology study for Eco-design of Energy-using Products
PGIRS	Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SLU	Serviço de Limpeza Urbana
TRACI	Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts
USP	Universidade de São Paulo

Sumário

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE EQUAÇÕES	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO DA PESQUISA	2
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	4
2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	5
2.3 GESTÃO DE RESÍDUOS EM OUTROS PAÍSES	6
2.3.1 Japão	6
2.3.2 Alemanha.....	7
2.3.3 Estados Unidos	7
2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	8
2.5 RESOLUÇÃO CONAMA N° 307	9
2.6 LEGISLAÇÃO DISTRITAL	11
2.6.1 Lei n° 5418/2014	11
2.6.2 Lei n° 4704/2011	13
2.7 CICLO DE VIDA.....	14

2.7.1	DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO	16
2.7.2	Análise de Inventário.....	17
2.7.3	Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida	18
2.7.4	Interpretação de Ciclo de Vida	19
2.8	ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO	20
2.8.1	Análise de Inventário.....	21
2.8.2	Análise de Resultados e Interpretações	22
2.9	ROTULAGEM AMBIENTAL.....	23
2.9.1	Rótulos tipo I	24
2.9.2	LEED	25
2.9.3	FSC	26
2.9.4	Rótulos tipo II - Autodeclarações.....	27
2.9.5	Rotulagem Ambiental – Tipo III	28
3.	METODOLOGIA	31
3.1	ESCOLHA DO LOCAL.....	31
3.2	PROPOSTA DE FORMAÇÃO DO FLUXO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA	32
3.3	DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO DO ACV	32
3.4	FRONTEIRAS DO SISTEMA.....	33
3.5	LEVANTAMENTO DE DADOS	33
3.5.1	Energia.....	33
3.5.2	Materiais	35

3.5.3 Resíduos.....	35
3.5.3 Água.....	36
3.6 ESPECIFICAÇÃO PARA A ROTULAGEM AMBIENTAL	36
3.6.1 Realização de Análise de Ciclo de Vida.....	37
3.6.2 Escolha de elementos para a rotulagem.....	38
3.6.3 Requisitos Específicos	38
3.6.4 Requisitos de Avaliação	Error! Bookmark not defined.
3.7 REQUISITOS PARA A ROTULAGEM	38
3.7.1 Reciclável	38
3.7.2 Energia.....	39
3.7.3 Água.....	39
3.7.4 Resíduos.....	39
3.7.5 Gases do efeito estufa	39
3.7.5 Parâmetros	Error! Bookmark not defined.
4. RESULTADOS	40
4.1 FLUXOGRAMA DA USINA	40
4.2 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA	43
4.2.1 Análise de Ciclo de Vida - Modular	43
4.3 SELO AMBIENTAL.....	46
4.3.1 Parâmetros para a rotulagem ambiental.....	47
4.3.2 Emissão de Gases	47

4.3.3 Parâmetro de Água	48
4.3.4 Parâmetro de Energia.....	48
4.3.5 Parâmetro de Resíduos	49
4.4 SELO VERDE – NORMA ISO 14021:2017	49
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS	51
5.1 SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS	52
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
Anexo I	58

1. INTRODUÇÃO

As constantes mudanças envolvendo a natureza tendem a causar várias alterações no ambiente que a população vive. Desde a Revolução Industrial, as ações antrópicas criadas para obtenção de renda provocaram diversas alterações o que resultou no crescimento do consumo de matérias prima.

A construção civil é um exemplo de atividade citada anteriormente. De acordo com Teixeira e Carvalho (1995), essa área é um dos principais ramos da economia brasileira que consegue movimentá-la e gerar empregos. Para Roth e Garcias (2009) a participação da construção civil no Produto Interno Bruto brasileiro corresponde a 6%. Os empreendimentos estão presentes em obras como prédios, estações do metrô, viadutos e reformas.

Os processos construtivos tendem a desgastar o meio ambiente pela questão dos resíduos, emissões de gases do efeito estufa, uso energético por meio de seu maquinário e consumo de água. Besen et al. (2011) acredita que as mudanças de hábito e cultura da população, bem como a reciclagem e reutilização podem ajudar a reduzir tais impactos ambientais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi promulgada em 2010 com o objetivo de contornar a situação dos resíduos sólidos no Brasil de maneira que haja o estabelecimento de metas e pontos a serem seguidos para que todos os resíduos sejam tratados corretamente. O cenário relacionado aos Resíduos de Construção Civil (RCC) não é diferente, já que este representa 70% dos rsu no Brasil (MENEZES, 2011).

Pode-se afirmar que nos últimos anos estão sendo criadas e desenvolvidas soluções com intuito de evitar ou minimizar eventuais impactos ambientais. Algumas dessas alternativas propostas objetivam a reciclagem dos resíduos sólidos produzidos pela construção civil para a formação de agregados reciclados. Com isso, surge a necessidade da avaliação do processo, bem como a análise de seus custos e impactos ambientais, do portão ao portão.

As análises do portão ao portão correspondem a um dos tipos de avaliação de etapas do ciclo de vida que estão presentes nos fluxogramas de produção de um bem ou serviço. Para

Rodrigues et al. (2011) essa interpretação do ciclo de vida começa por meio da extração de recursos naturais que vão até a parte de beneficiamento e segue a produção dos produtos.

Nesse contexto, a análise de ciclo de vida se apresenta como um importante instrumento utilizado, em especial, pelos empreendedores para garantir a sustentabilidade dos seus produtos. Esse movimento tende a crescer cada vez mais, tendo em vista que ao melhorar o processo de um produto, os envolvidos nos processos obtenham mais benefícios e vantagens, além de alcancem uma maior competitividade no mercado.

Um dos desdobramentos de todo esse processo corresponde aos rótulos ambientais que estão cada vez mais evidentes em diversos setores produtivos, com destaque para o setor da construção civil. Ressalta-se que na construção civil para obter determinados certificados voltados a sustentabilidade e ao meio ambiente, são exigidos que em seus processos produtivos empregem materiais sustentáveis, ou seja, que apresentem uma comprovação que ateste que a origem e o processo estão voltados a preocupação com o meio ambiente.

1.1 OBJETIVO DA PESQUISA

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Aplicação de Ciclo de Vida Modular para uma empresa dentro do Distrito Federal que reutiliza resíduos de construção para a formação de agregados reciclados que serão utilizados na construção civil.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O estudo em ocasião tem como objetivos específicos:

- Verificar e apresentar fluxo da destinação atual dada ao resíduo sólido proveniente das atividades de construção e demolição no Distrito Federal com potencial de uso na geração de agregados reciclados para construção civil;
- Obter e disponibilizar dados e informações sobre o volume e a qualidade do resíduo sólido proveniente das atividades de construção e demolição no Distrito Federal, que podem ser utilizados como agregados para construção civil;
- Criar cenário de beneficiamento e destinação do resíduo sólido proveniente das atividades de construção e demolição no Distrito Federal, que podem ser utilizados

como agregados para construção civil, para avaliação da viabilidade ambiental dessa atividade; e

- Verificar os gastos (energia e água) na produção de agregados reciclados e com isso, propor as ações necessárias para o enquadramento em sistemas de rotulagem ambiental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O gerenciamento de resíduos é uma temática essencial no desenvolvimento dos países, a situação no Brasil não é diferente. De acordo com o relatório da ABRELPE de 2017, estima-se que cerca de 1036 quilos são gerados por cada habitante o que sinaliza que os brasileiros consomem muito, mas descartam de maneira errada.

Desde 2010, foi promulgada uma política voltada para tratar a questão dos resíduos sólidos no país. A lei 12305/2010 prevê que todas as esferas do executivo sejam federais, seja estadual ou municipal devem tratar dos seus resíduos. Estas diretrizes estabelecidas tentam abordar e amparar as situações do cotidiano com a finalidade de diminuir os impactos ambientais causados pelo descarte.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estimula fatores de maneira que o seu objetivo citado anteriormente seja alcançado através de algumas medidas como a ampliação e difusão da coleta seletiva nas cidades brasileiras. Através do incentivo a logística reversa de produtos comercializados no mercado brasileiro, bem como a disposição final de rejeitos tendo em vista que o país tende a ter problemas com a destinação final em virtude da falta de investimento.

Alguns pontos são tratados e muito importantes para a implementação da reeducação ambiental diante da utilização dos materiais. A reciclagem e a reutilização são tópicos abordados e a suas aplicações são importantes, uma vez que seja a transformação da natureza original do produto, seja a reutilização desse para outra finalidade impede que o material descartado vá para a disposição final.

Outras ferramentas importantes que servem para atenuar as consequências dos despejos correspondem a gestão de resíduos voltada para a política pública de como gerir os resíduos de maneira que haja o desenvolvimento em várias esferas como econômica, ambiental e social. Além disso, a PNRS trata o ciclo de vida como um tema a ser debatido com o objetivo de entender todo o processo desde a extração da matéria prima até a parte final correspondente a deposição final. Alguns destes podem ser vistos abaixo:

Art. 6º São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

II - Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

VI - Incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;

XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

XV - Estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

A partir desse momento em que houve a disseminação de tais conceitos, pode-se encontrar no mercado empresas que desenvolveram estudos voltados as etapas do ciclo de vida de um produto, bem como a emissão de selos que comprovassem o viés ambiental de tal produto.

2.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A lei 12305/2010 surgiu para ajudar minimizar os impactos causados pelos resíduos, tendo em vista que naquela época, a economia brasileira tinha passado por um período de ascensão nos últimos anos o que provocou um aumento da renda por parte da população. Esse período propiciou um aumento no aumento de resíduos sólidos em virtude do consumo exacerbado. Segundo o panorama de 2017 da Associação Brasileira de Limpeza Urbana e Resíduos Especiais, estima-se que 78,4 milhões de toneladas tenham sido geradas em todo o território nacional por meio de 90% da cobertura nacional da coleta de resíduos.

O documento ainda afirma o crescimento na geração de RSU por todo o Brasil, somente no ano de 2017 a geração per capita teve o valor de 1,035 kg/hab/dia, ao passo que por dia o país expedia cerca de 214868 ton/dia.

O sistema de coleta foi um tema bastante abordado, uma vez que grande parte das cidades brasileiras ainda carecem de um sistema de coleta eficiente, o percentual relacionado a utilização de aterros sanitários aumentou o que representa um valor de 59% entre as cidades brasileiras. Apesar do resultado ser expressivo e a cada ano apresentar um aumento, os lixões e aterros controlados ainda se apresentam com um número expressivo para destinação final, ou seja, 80 mil toneladas de resíduos por dia são descartadas de maneira incorreta e tendem a causar algum tipo de impacto ambiental. A situação envolvendo os países desenvolvidos é bastante diferente, uma vez que a implantação de conceitos sustentáveis e a cultura de seus respectivos habitantes podem ser vistos abaixo.

2.3 GESTÃO DE RESÍDUOS EM OUTROS PAÍSES

Historicamente, o Brasil foi líder na luta pela preservação das riquezas naturais por todo o território. Todavia, a legislação ambiental tinha carência de informações e diretrizes na parte dos resíduos. A promulgação da PNRS foi um marco nessa área, uma vez que a partir desse momento, vários fatores foram alterados, modernizados com a finalidade de causar menos impactos ambientais nas cidades brasileiras. Diante da mudança, o governo brasileiro levou uma série de modernização e flexibilização no gerenciamento desses bem como o debate a respeito da disposição final, logística reversa, análises de ciclo de vida e entre outros fatores.

2.3.1 Japão

O Japão começou a adotar algumas medidas para aprimorar o saneamento básico, desde o século XX, com a finalidade de evitar a proliferação de algumas doenças em especial, as provenientes de vetores. Conforme Silva et al. (2018), o país viveu três momentos determinantes, o primeiro correspondente a eliminação de sujeira nas cidades e as primeiras soluções para a deposição final do resíduo por meio da incineração na década de 1930. Após o fim da Segunda Guerra Mundial, houve a reestruturação da economia japonesa que culminou no aumento do consumo de produtos. O crescimento da geração de resíduos propiciou numa outra era conhecida pela luta contra a emissão de poluentes e a disseminação de aterros sanitários e incineradores.

A partir da década de 1990, Silva et al. (2018) diz que os japoneses começaram a cultivar a reciclagem dos produtos, bem como a sua reutilização o que culminou na responsabilidade compartilhada e logística reversa dos bens descartados. Todos os esforços do Japão levaram os asiáticos a serem referência no gerenciamento de resíduos, já que o país gera um grande volume de lixo por causa da densidade demográfica.

Nesse sentido, ao passo que o Brasil ainda encontra dificuldades para implementação de muitos pontos tratados na PNRS em compensação, os japoneses conseguem contornar o consumismo e minimizar os impactos causados. Alguns resultados ainda destoam da situação brasileira, uma das causas é o fruto de investimentos em políticas de educação ambiental, gestão compartilhada e logística reversa.

2.3.2. Alemanha

A Alemanha é um dos países mais desenvolvidos no mundo com excelentes indicadores de qualidade em todas as esferas. Na questão dos resíduos, a situação não é diferente, o país começou a ter suas primeiras leis na década de 1960 em relação a proteção do meio ambiente. O primeiro decreto a respeito dos RSU gerados nas cidades alemãs foi apresentado em 1972 em que obrigava o poder municipal de apresentar diretrizes para contornar os problemas relacionados a gestão dos resíduos.

Desde a década de 1980, a educação ambiental foi um pilar dentro da educação básica alemã o que ajudou o país a ser um dos pioneiros na reciclagem dos produtos. Segundo Lima e Gomes (2005), os europeus possuem uma taxa de mais de 50% de reciclagem dos produtos utilizados dentro do país e querem até 2020 junto com toda a União Europeia reciclar cerca de 65% dos materiais descartados. Outro ponto importante a ser lembrado é que os alemães são responsáveis por ser um dos líderes em tecnologia do tratamento de resíduo o que influencia na tanto na deposição final quanto na reciclagem de materiais.

2.3.3 Estados Unidos

O gerenciamento de resíduos no país de maior economia do mundo é um grande desafio para os norte-americanos. A legislação que aborda a temática sobre resíduos foi promulgada em 1965 para abordar sobre temas a respeito da deposição final dos resíduos. Em 1976, foi

promulgada outra lei que ampliava os mecanismos de gerenciamento de RSU por meio dos resíduos perigosos. Por fim, em 1984 foi decretada uma das últimas leis a respeito desse assunto que trata de assuntos não só relacionados aos aterros sanitários por todo o país, mas também as fases de licenciamento ambiental para esse tipo de estrutura, uma vez que obras desse porte tendem a gerar impactos na região.

Ao longo dos anos, por meio da promulgação de novas leis, o debate sobre esse assunto começou a ganhar maior importância. De acordo com Silva et al (2016), os EUA geraram nos últimos anos cerca de 255 milhões de toneladas de resíduos para uma população de cerca de 300 milhões de habitantes espalhados em 50 estados o que gera cerca de 2 kg/hab.dia. Dentro desse valor de geração anual, cerca de 55% são resíduos domiciliares e de todo o montante, aproximadamente, 30% desse valor é lixo reciclável.

Os americanos possuem uma agência, *Environmental Protection Agency*, responsável por fiscalizar, organizar e regular toda a disponibilidade de resíduos no país. Atualmente o país possui três meios de contornar essa situação por meio de ações da reciclagem, aterros sanitários e a incineração.

2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos da construção civil estão inseridos dentro do contexto de geração de RSU, uma vez que os RCC estão envolvidos desde a extração de matérias primas, materiais da construção, utilização e descarte. Essa temática ganhou maior importância nos últimos anos em virtude do desenvolvimento da economia brasileira, já que um dos fatores que alavanca os números da economia brasileira, bem como propicia a geração de empregos é o setor da construção civil.

De acordo com 13º artigo da PNRS, os resíduos de construção civil são gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.

Assim sendo, o Brasil se viu diante de um grande desafio que é aliar o crescimento econômico sem largar uma de suas políticas que é a proteção do meio ambiente. A necessidade de apresentar maneiras de reduzir e reutilizar os materiais de construção se deu diante não só do

grande nível de extração de matéria prima, mas também do grande volume gerado nas obras e a sua deposição final.

Segundo Karpinski (2009), a indústria da construção civil é responsável por impactos ambientais, sociais e econômicos consideráveis, em razão de possuir uma posição de destaque na economia brasileira. Apesar do número elevado de empregos gerados, da viabilização de moradias, renda e infraestrutura, faz-se necessário uma política abrangente para o correto destino dos resíduos gerados. Os dados referentes ao panorama de rcc no Brasil dos anos 2016 e 2017 podem ser vistos na tabela 1.

Tabela 1 - Panorama de resíduos de construção e demolição.

Região	2016		2017	
	RCD Coletado (t/dia)	Índice (ton/hab/dia)	RCD Coletado (t/dia)	Índice (ton/hab/dia)
Brasil	123.619	0,00060	123.421	0,000594

Fonte: Abrelpe/IBGE 2017 - Adaptado.

A legislação brasileira ajuda a minimizar os impactos causados pelo volume de RCC presente nas cidades brasileiras. Além da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, existem outras normas e resoluções que ajudam a tratar deste tema, tais como: a Resolução N° 307 do Conama e as Normas da ABNT.

2.5 RESOLUÇÃO CONAMA N° 307

O Conama estabeleceu em 2002 uma normativa voltada não só para a classificação dos resíduos de construção civil, mas também para assuntos relacionados a reciclagem e gerenciamento de RCC seja em reformas, seja em obras. Conforme Silva et al. (2009) , a classificação entre os resíduos se divide em 4 classes (A, B, C e D) estabelecendo o objetivo do uso da redução, reutilização e a reciclagem, assim como outras diretrizes como que o gerador é responsável pela destinação adequada desses resíduos dentre outras finalidades.

De acordo com a Resolução n° 307, os materiais que rondam as edificações podem ser classificados de acordo com a tabela 02.

Tabela 2 - Classificação de materiais da construção civil.

Classe A	<p>a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</p> <p>b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;</p> <p>c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras</p>
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde

Fonte: Conama 307.

A classificação desses resíduos não só tem a função de divulgar informações para toda a sociedade a fim de que as pessoas possam segregar estes tipos de resíduo, mas também instigar diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos por meio da educação ambiental de maneira que, as pessoas possam reutilização determinados materiais em outros ambientes. Um grande exemplo disso é a utilização de restos de cimento para a formação de novos agregados.

A partir dessa normativa e a consolidação da PNRS, outros conceitos foram reforçados a essa realidade. Um dos principais correspondem ao gerenciamento de sobras dos materiais das edificações que podem ter outro destino e com isso, serem reaproveitados em outros lugares,

já que desde pequenas reformas até a construção de edifícios se enquadram nos grandes geradores. Todas as etapas dos materiais descartados após a sua utilização devem ser relatadas no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e no final deste, a apresentação de medidas para minimizar os impactos causados como a prolongação da vida útil de aterros sanitários.

A destinação final de resíduos é um outro assunto que ronda a discussão destes, visto que muitos elementos são colocados de maneira incorreta o que pode agravar impactos ambientais. De acordo com Linhares et al. (2007) , o problema se encontra desde a falta de informações dos trabalhadores a respeito da segregação de acordo com a classificação estabelecida pela norma até a disposição final em que todo o entulho não aproveitado é despejado em lugares distintos sem nenhum tipo de cuidado com o meio ambiente.

2.6 LEGISLAÇÃO DISTRITAL

O Distrito Federal possui uma legislação bem estruturada em relação a questão dos resíduos sólidos. Segundo o Governo do Distrito Federal (2018), o DF gerou cerca de 0,88 kg/hab.dia em 2017 o que provocou um valor de 900.000 toneladas naquele ano. O GDF tem se preocupado com algumas questões ambientais, um grande exemplo é o funcionamento do Aterro Sanitário de Brasília que entrou em funcionamento em 2014. Essas e outras atividades teve como reflexo algumas leis que ajudam no gerenciamento destes resíduos destes de maneira que minimize os impactos ambientais.

2.6.1 Lei nº 5418/2014

A lei nº 5418/2014 foi promulgada com o objetivo de ratificar as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010, ou seja, abraçar todas as ideias descritas na legislação federal de maneira que, ao longo dos anos, haja uma mudança no comportamento e na cultura da população do Distrito Federal.

Os conceitos trabalhados pela PNRS, novamente, são discutidos nessa lei que tenta aliar o desenvolvimento econômico com o sustentável. Nesse sentido, o segundo artigo da lei nº 5418/2014 expressa pontos importantes como pode ser visto abaixo:

IV – Ciclo de vida do produto: série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final;

IX – Geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo;

XI – gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

XIV – reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à sua transformação em insumos ou em novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes;

XVII – responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas dos fabricantes, dos importadores, dos distribuidores, dos comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, encadeadas para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;

XVIII – reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes;

Outros objetivos são almejados pelas autoridades para a questão dos resíduos com base nos geradores citados acima, tais como: inserção de políticas de logística reversa, uma ampla e justa coleta seletiva de resíduos, fiscalização por parte de órgãos distritais, disposição final ambientalmente correta e plano de gerenciamento para empreendimentos que geram um volume de resíduos considerável de entulho.

Os resíduos sólidos de construção civil também são bastantes citados, uma das opções para a minimização de seus impactos é por meio da implementação de planos mitigatórios seja em obras, reformas ou demolição, de maneira que estes sejam dispostos da melhor forma possível.

2.6.2 Lei nº 4704/2011

O GDF promulgou uma lei em 2011 com o objetivo de minimizar a geração de volume de entulho. Percebe-se que esta surgiu três anos antes a Lei nº 5418/2014, considerada a base que estabelece o direcionamento do gerenciamento de resíduos dentro do DF. Em geral, o conteúdo trabalhado envolve as principais etapas relatadas, de acordo com a figura 1, por meio do consumo, o transporte do entulho e por fim, o seu descarte.

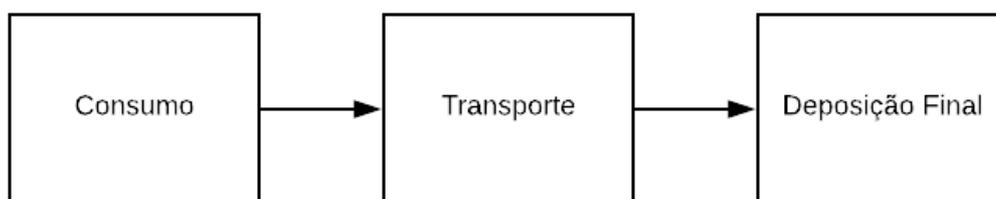


Figura 1 - Pilares da lei 4704/2011.

Fonte: Lei 4704/2011.

A segregação desses materiais descartados é trabalhada nesta norma com a finalidade de aumentar a reutilização e reciclagem do entulho e com isso, a utilização de alternativas que não degrada o meio ambiente influenciadas, em especial, com o fomento da educação ambiental com o objetivo de gerar o debate e o entendimento desta área em toda a camada da sociedade.

Uma das engrenagens dessa legislação bastante discutida é a questão do condicionamento e transporte. De acordo com a ocasião, os entulhos devem ser mantidos em caçambas acompanhadas de documentos que visam a logística para o descarte ambientalmente correto. Além disso, a construção de pontos de coleta desse tipo de resíduo ajuda numa maior cobertura de coleta o que influencia tanto na diminuição do descarte errado nos diversos pontos da cidade quanto no cumprimento do curso natural do consumo do produto, desde a sua fase de produção até a disposição final.

Ao longo dos artigos propostos, alguns conceitos não foram inseridos que poderiam enriquecer as discussões e todos os procedimentos. A ausência mais sentida é a de ciclo de vida, já que ao conhecer toda a cadeia produtivos de materiais da construção, pode-se ter um maior alinhamento entre crescimento econômico e sustentável. Os selos ambientais também não foram discutidos no contexto dos RCC o que só ocorreu posteriormente na Política Distrital de Resíduos Sólidos em 2014.

Por fim, a Lei 4704/2011 institui a implementação e criação de planos e órgãos para melhorar o gerenciamento destes como pode ser visto abaixo.

- Comitê Gestor;
- Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos;
- Sistema de Informações sobre a Gestão de Resíduos da Construção Civil do Distrito Federal.

O primeiro fica sob responsabilidade da Secretaria do Meio Ambiente e se relaciona com os demais órgãos como a Secretaria do Meio Ambiente, CAESB, bem como o SLU para conter o aumento do volume de entulho. Entre as atribuições estão as aprovações referentes ao Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos, coordenação de programas relacionados ao plano, supervisão de sistemas de informação e em consequência, tratamento e coleta dos dados.

De acordo com a legislação, o Comitê ainda conta com a participação da sociedade civil por meio de dois participantes, sete pessoas ligadas ao poder executivo e outros 4 referentes aos grandes geradores e transportadoras. O PGRIS corresponde a um documento que deve constar durante as obras para que os resíduos tenham uma destinação ambientalmente. Já o Sistema de Informações sobre Gestão de Resíduos corresponde a um conjunto de dados de RCC do DF. O intuito de juntar essas informações tem como finalidade é entender a quantidade e a composição dos resíduos. Outros pontos importantes da criação desse sistema é promover a fiscalização, acompanhamento de possíveis impactos, fomento a política de educação ambiental e desenvolver diagnósticos para a gestão de resíduos no Distrito Federal.

2.7 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV)

Nos últimos anos, novos conceitos foram introduzidos no setor da construção civil com o objetivo de aliar novos projetos de edificações de maneira que todos tenham caráter sustentável. Uma das ferramentas utilizadas pelas empresas para cumprir a missão é a análise de ciclo de vida (ACV).

Conforme a norma ISO 14040:2009, o objetivo da ACV é:

A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do “berço ao túmulo”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas ISO 14040:2009.

A análise de ciclo de vida contempla o sistema de gestão ambiental, já que grandes empresas passaram a se dedicar mais em prol do meio ambiente o que tem influenciado em vários aspectos e áreas, tais como:

- Marketing;
- Competitividade;
- Melhorias nos processos produtivos;
- Maior lucro dentro da empresa.

O entendimento do processo produtivo não é diferente para empresas que tem como principal produto materiais da construção civil. As etapas relacionadas a análise de ciclo de vida são descritas com base nas normas ISO 14040:2009 e sua dinâmica exemplifica na figura 02:

- Definição de objetivo e escopo;
- Análise de Inventário;
- Avaliação do impacto;
- Interpretação.

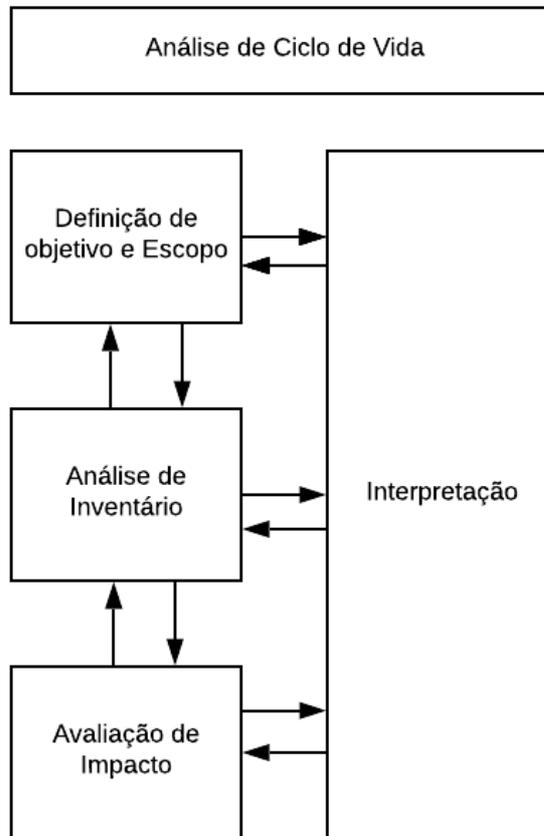


Figura 2 - Fluxo Esquemático - ACV

Fonte: ISO 14040:2009.

2.7.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO

Um dos primeiros passos a serem dados corresponde a escolha da unidade funcional, ou seja, qual objeto será estudado, qual o público-alvo, bem como as a aplicação pretendida NBR ISO 14040: 2009.

Esta fase tem como característica a delimitação do assunto e do seu produto. Segundo a ISO NBR 14040:2009, nessa fase deve-se apresentar as razões do estudo, público-alvo e a delimitação do tema. Além disso, a norma ainda estabelece alguns pontos que devem contar no escopo das análises de ciclo de vida como podem ser vistas abaixo:

- Unidade funcional;
- Requisitos de dados;
- Procedimentos de alocação;
- Limitações;

- Tipo e formato do Relatório;
- Características de impacto selecionadas e metodologias para avaliação dos impactos bem como a sua interpretação de impactos.”
NBR ISO (14040:2009).

A unidade funcional é o primeiro passo e primordial para obtenção dos dados de ciclo de vida. Para McDougall e Forbes R. (2001), esse fator corresponde a unidade responsável pela quantidade, comparações e até termos de saída.

Uma das principais partes dentro dessa fase do escopo e objetivo corresponde a fronteira do sistema, uma vez que de acordo com a NBR ISO 14040:2009 a fronteira do sistema é responsável por delimitar os processos elementares a serem incluídos no sistema para seu estudo. Além disso, a norma afirma os seguintes fatores que devem completar as informações sobre o sistema:

“Processos elementares e fluxos sejam levados em consideração:

- Aquisição de matérias primas;
- Distribuição/transporte;
- Entradas e saídas na cadeia principal da manufatura/processamento;
- Uso e manutenção de produtos;
- Produção e combustíveis, energia e calor;
- Manufatura de materiais auxiliares;
- Disposição final de resíduos;
- Operações adicionais, como iluminação e aquecimento

Recuperação de produtos usados, reuso e reciclagem,
NBR ISO 14040:2009.”

2.7.2 Análise de Inventário

O inventário é uma fase essencial na análise do ciclo de vida, uma vez que esta se constitui da coleta de dados a respeito do processo produtivo, ou seja, variáveis que compõem o ciclo de vida como água, energia, resíduos e entre outros para que seja possível fazer um estudo mais detalhado e com uma qualidade maior nas conclusões.

Conforme Santos et al. (2012), o inventário de ACV é constituído com vários dados de entradas e saídas durante do um ciclo de vida de um produto o que influencia numa análise tanto no aspecto quantitativo quanto qualitativo. Os autores ainda debatem sobre o que é visto como entrada e saída dentro da parte do inventário como pode ser visto na tabela 03.

Tabela 3 - Entradas e saídas do ACV

Entradas (inputs)	Saídas (outputs)
Consumo de energia (kW)	Emissão de poluentes para o ar (kg)
Matéria Prima	Emissão de efluentes líquidos (L)
Água	Produção de resíduos sólidos (kg)
Entradas de dados a respeito de informações físicas do produto	Produtos
-	Aspectos do meio ambiente

Fonte: Ling - Chin et al. (2016).

Além da fase da coleta de dados, existem outros pontos que devem ser preenchidos para um melhor resultado durante a realização do inventário do ciclo de vida. O cálculo de dados corresponde ao momento em que há a verificação dos dados e as suas prováveis correlações com as unidades funcionais, fluxos de referência e processos elementares.

Por fim, a ISO 14040:2009 estabelece a alocação de fluxos e liberações que correspondem a linearidade do que saiu do sistema com os dados de entrada que envolvem, em especial, aspectos relacionados às matérias primas.

2.7.3 Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida

Após a coleta de dados, a análise destes resultados é fundamental para o prosseguimento do estudo de ciclo de vida, assim como os seus impactos presentes na cadeia de produção. De acordo com os resultados, pode-se alterar alguns elementos por todo o seu ciclo de vida e com isso, alcançar algumas conclusões mais condizentes com a realidade. A figura 03 demonstra as etapas a serem cumpridas envolvendo avaliações de impacto de ciclo de vida.

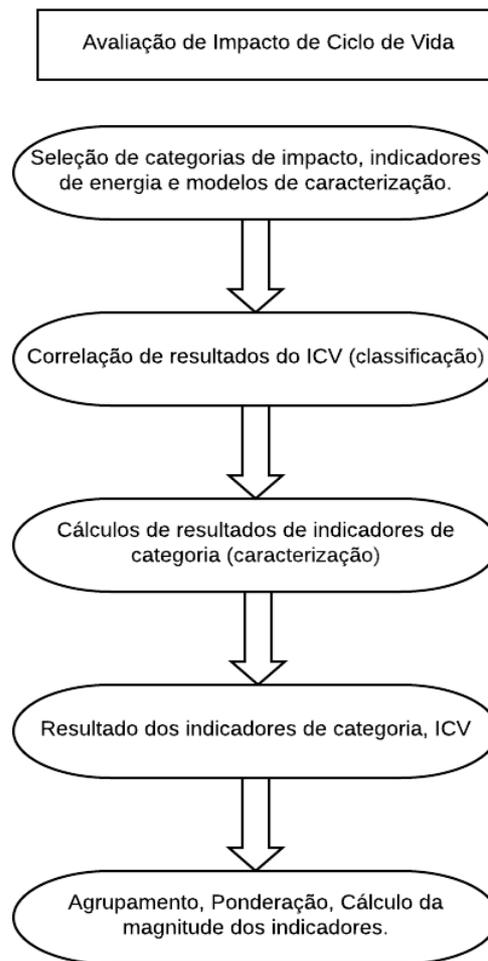


Figura 3 - Esquema de AICV - (Adaptado).

Fonte: ISO 14040: 2009.

2.7.4 Interpretação de Ciclo de Vida

A reunião de todos os resultados após a montagem do sistema caracteriza como o fim de uma ACV, uma vez que todas as condições e limitações são impostas e os dados coletados.

“Quando os resultados provenientes dos inventários dos ciclos de vida são interpretados, as questões devem ser identificadas, as incertezas herdadas do estudo devem ser estudadas, e a consistência, bem como a integralidade, devem ser verificadas antes para se tirar conclusões e fazendo recomendações.” Ling – Chin et al. (2016).

As interpretações acabam implicando em tomadas de decisões por parte das empresas o que pode implicar em algumas alterações das linhas de produção, novas capacitações, recomendações a serem executadas e até dados que podem ser utilizadas em outras áreas da empresa como o marketing verde. A fase de interpretação pode envolver o processo iterativo de rever e revisar o escopo da ACV, assim como a natureza e qualidade dos dados coletados, de forma consistente com o objetivo definido ISO 14040: 2009.

2.8 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DE MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO

Como já foi visto e discutido, a ACV é bastante requisitada em virtude da análise feita a cada etapa ao longo da cadeia de produção. Além disso, as empresas querem garantir a qualidade do ponto de vista estrutural numa edificação, de maneira que o resista as solicitações as quais será submetido. As etapas iniciais são importantes porque norteia o estudo e estabelece um tópico importante que é a unidade funcional, ou seja, a parte seja qualitativa, seja quantitativa do produto em si.

Todo processo construtivo para a produção de algum produto envolve uma série de medidas e impactos. Os resíduos da construção civil podem ser obtidos por meio de três fontes JOHN e AGOPYAN (2013):

- a) fase de construção (canteiro);
- b) fase de manutenção e reformas;
- c) demolição de edifícios

A PNRS visa a estimulação de algumas medidas estabelecidas como forma de atenuar as alterações no meio ambiente e a tentativa de alinhamento ao desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o ciclo de vida está presente na cadeia de produção de materiais como o cimento, revestimentos e entre outros para a diminuição de gastos, maximização do lucro, a construção de uma boa imagem por meio do marketing verde e aumento da qualidade do produto.

De acordo com Passuelo et al. (2015), os processos produtivos para a produção de materiais da construção civil envolvem em especial o gasto de energia, emissão de gases e água.

“Desse modo, pôde ser verificado que, quando se trata de um material composto de resíduos, somente a caracterização física e mecânica não basta para que o mesmo possa ser chamado de “sustentável”, sendo imprescindível que se faça uma análise mais completa, o que pode ser alcançado com a aplicação da ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida, que contempla os aspectos econômicos e ambientais destes materiais.” Santos et al. (2010)

Segundo Ding (2014), os materiais mais utilizados em construções correspondem ao concreto, aço, ferro e vidro. O aumento do consumo destes envolve processos produtivos, os quais causam impactos negativos no meio ambiente. Ainda de acordo com o autor, a ACV vem sendo utilizada, em especial, para edificações verdes o que implica em uma série de estudos com a finalidade de analisar e comparar sistemas de construção.

“O emprego da ACV na construção civil tem por finalidade a seleção de materiais cujo impacto ambiental seja o menor possível, o uso de recursos projetuais que aprimorem a relação edificação/meio externo e, ainda, fazer relações que venham a nortear escolhas durante o projeto, construção, vida útil e disposição final da obra (demolição e reformas)” ANTUNES e CORDEIRO (2011).

Em virtude da metodologia ser semelhante entre os produtos, a análise de ciclo de vida de agregados da construção civil segue as mesmas premissas estabelecidas pela NBR ISO (14040:2009).

2.8.1 Análise de Inventário

A AICV possui as mesmas funções que foram discutidas no tópico anterior, ou seja, agregar valores e dados relevantes ao processo produtivo. Em virtude do estudo estar voltado para o agregado reciclado de uma empresa, todos os elementos voltados para a formação deste componente estarão presentes no inventário de um ciclo de vida para a sua análise e, posteriormente, interpretação dos dados.

Dessa maneira, estará relacionado a fatores como energia, matéria prima, água, resíduos e outros fatores. De acordo com McDougall et al (2001), o inventário ajuda a nortear o estudo do levantamento de dados o que pode influenciar no estudo de todos os processos no sistema.

O levantamento de dados torna-se necessário para que se possa colocar em prática a metodologia escolhida. Nesse sentido, o objetivo é anotar valores relacionados a água, fluxo de produção da empresa, rotulagem ambiental, energia, emissão de gás e resíduos.

No presente estudo não pode ser levado em consideração a aplicação de programas de ACV, tendo em vista que existe, no cenário brasileiro, uma grande dificuldade técnica de montar o fluxograma para a situação real. Diante disso, para a validação de hipótese foi necessário fazer um levantamento manual de todos os processos da empresa.

2.8.2 Análise de Resultados e Interpretações

Os resultados obtidos pelo inventário são interpretados com o objetivo de achar falhas importantes na cadeia de produção de determinado produto. Para McDougall et al (2001), o inventário ajuda a descrever melhor o produto e cabe depois analisar os valores para que sejam tomadas medidas a respeito do produto.

Os eventuais focos de estudos de ACV são relacionados aos impactos causados pela construção civil por meio da geração de resíduos nos canteiros de obras e seus respectivos descartes errados, poluição auditiva e visual, consumo excessivo de água e energia. A emissão de CO₂ também é bastante notória, uma vez que para o processo de produção do cimento, a quantidade de emissão de gás carbônico é exorbitante em função do número dessas indústrias no país serem elevadas para suprirem a demanda em todo o território.

Conforme John (2017), os inventários quantificam os fluxos. Todavia, um dos grandes problemas é definir quais impactos causam problemas ao meio ambiente. Em geral, os problemas ficam ao redor de fatores que emitem gases do efeito estufa, consome combustível fóssil e degrada a paisagem local. Ainda segundo o autor, a tarefa de analisar os dados inventário não é fácil, de maneira que é preciso preponderar quais os impactos foram causados em todas as frentes para que assim, possam ser criadas linhas de combate a favor da redução desses.

2.9 ROTULAGEM AMBIENTAL

O sistema de rotulagem ambiental surgiu em meio às crescentes preocupações com o meio ambiente. Os primeiros rótulos surgiram na Europa na década de 1977 que se chamava *Blue Engel* cujo papel era envolvendo certificados de produtos que geram impactos ambientais. A partir daquele momento houve uma expansão das certificações o que propiciou a propagação em vários países e de produtos de diversos ramos o que pode ser visto na tabela 04.

Tabela 4 - Principais selos do Mundo.

Selos	Países
Environmental Choice	Canadá
Eco Marck	Japão
Nordic Swan	Países Nórdicos
Green Seal	EUA
NF – Environnement	França
European Union Eco-Label	Europa

Fonte: Wesendonck e Araújo (2014) .

No Brasil, esse tipo de atividade se intensificou na década de 1990 em virtude do aumento da preocupação com o meio ambiente, Conferência do Clima 92 e da criação de uma área voltada para a emissão de selos ambientais regida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Atualmente, o mercado consumidor indica que os produtos que procuram atrair mais clientes necessitam indicar viés ambiental o que pode ser expresso por meio dos selos. Os rótulos estão estritamente ligados a análises de ciclo de vida, já que ao extrair informações da cadeia produtiva, estas acabam sendo representadas nas embalagens como forma de atrair mais consumidores.

De acordo com Moura (2013), a rotulagem ambiental também se torna uma ferramenta econômica, uma vez que os seus consumidores passam a ter mais consciência do que compram por meio das informações divulgadas.

Existem inúmeros tipos de selos que conseguem contemplar grande parte de produtos e com a construção civil, a situação não é diferente. A partir da difusão das edificações verdes, vários

selos são exigidos nos materiais para que estes possam ser utilizados o que comprove que seu processo produtivo não implicou em impactos ambientais quantitativos e severos. Como pode ser visto na tabela 5, existem algumas normas que ajudam a regular o sistema de rotulagem ambiental.

Tabela 5 - Tipos de selos ou rótulos ambientais segundo a classificação da ISO.

Tipos	Características	Norma
Tipo I	Rótulos e selos ambientais	ISO 14021
Tipo II	Rótulos e declarações ambientais - Autodeclarações ambientais.	ISO 14024
Tipo III	Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental do tipo III – Princípios e procedimentos.	ISO 14025

Fonte: Gomes e Casagrande Junior (2017).

Além disso, existem vertentes que não ligam somente as características dos produtos, mas na emissão de certificados com o objetivo de comprovar que as empresas possuem conhecimentos voltados para a área ambiental.

2.9.1 Rótulos tipo I

A ISO 14024:2017 é uma norma que possui estreita relação com a ISO 14020:2017. Esta é a base que estabelece algumas diretrizes e aquela corresponde a expansão do assunto rotulagem ambiental com base nas etapas de ACV. Todos os pontos são levantados como indícios tais como: seleção do que será avaliado, quais partes ambientais serão analisadas, por meio de empresas contratadas e o que pode implicar na emissão dos próprios carimbos verdes.

“O objetivo de reduzir os impactos ambientais e não meramente transferir os impactos de um meio para outro ou de um estágio de ciclo de vida do produto para outro é melhor atendido considerando - se o ciclo de vida completo do produto quando do estabelecimento dos critérios ambientais” ISO (14024:2017).

As etapas são estabelecidas por norma e precisam seguir os seguintes passos:

- a. Consulta às partes interessadas;
- b. Seleção das categorias de produto;

- c. Desenvolvimento, revisão e modificação dos critérios ambientais do produto;
- d. Identificação das características funcionais do produto;
- e. Estabelecimento dos procedimentos de certificação e de outros elementos administrativos do programa.

Nesse sentido, o produto passa a ser supervisionado por uma série de técnicos que voltarão os olhares para as características específicas e pré-determinadas dos produtos. Nesta etapa são realizados testes em laboratórios e verificações de parte de um sistema. Alguns selos ambientais são importantes e resultados de todo o processo exigido pela norma e por programas ambientais como pode ser visto alguns exemplos a seguir.

2.9.2 LEED

O selo LEED é voltado para edificações sustentáveis, ou seja, todo o seu processo construtivo não ficou somente foco nas funções estruturais e arquitetônicas dos prédios, mas também um olhar para o meio ambiente e a sustentabilidade. É um método de classificação baseado na harmonização, ponderação de créditos, em função do impacto ambiental e da saúde humana, e regionalização. A eficiência energética e redução da emissão de CO₂ são itens considerados de maior importância neste sistema de avaliação (RECH et al., 2018).

Nesse sentido, obras com esse tipo de certificado provavelmente tem algumas características como reuso de água, utilização de materiais verdes, análise de acv, aproveitamento térmico e entre outros fatores. Os tipos de classificação do sistema LEED é exemplificado na figura 04.



Figura 4 - Sistema de pontuação LEED.

Cada medida citada acima equivale a pontuações em que é preciso chegar até um patamar para que a edificação seja considerada sustentável. No Brasil, a organização GBC Brasil é

responsável por fomentar as discussões a respeito desse tipo de estrutura, bem como viabiliza a certificação destas.

2.9.3 FSC

O FSC é um selo ambiental que corresponde a utilização de produtos que provém de madeiras reflorestadas. A certificação garante que a madeira pertence a uma área legal e instiga as pessoas ao consumo racional, uma vez que os comerciantes utilizam as madeiras com este selo passaram por uma metodologia de manejo de maneira que o funcionamento dos plantios é ecologicamente correto conforme pode ser visto na figura 05.



Figura 5 - Selo FSC.

Conforme Moura (2013), o FSC não é governamental e trabalha em conjunto com outras organizações não governamentais (ONGs) internacionais, por exemplo, World Wildlife Fund (WWF) e Greenpeace. Além disso, estas possuem em seu conselho deliberativo no Brasil algumas ONGs brasileiras e empresas de papel e celulose. Ainda segundo o autor, atualmente, o Brasil possui 7,249 milhões de hectares certificados na modalidade de manejo florestal da FSC, o que envolve 95 operações de manejo, entre áreas de florestas nativas e plantadas. O país ocupa o quinto lugar no ranking total do sistema FSC.

O mercado enxerga com bons olhos quem utiliza por todo o trabalho que tem por trás pela fundação em deter o desmatamento. Nesse sentido, algumas consequências podem ser:

- Ajuda na redução do desmatamento;
- Bom custo – benefício;
- Marketing;
- Proteção da natureza como um todo.

2.9.4 Rótulos tipo II - Autodeclarações

O tipo de rotulagem II é comum pelo fato de a empresa declarar que o seu próprio produto possui um tipo de característica. Essa prática é bastante usual, visto que o empreendedor tenta persuadir os clientes da melhor forma possível para consumir tal produto.

As informações divulgadas pelas grandes marcas precisam passar, mesmo assim, por uma metodologia estabelecida pela norma ISO 14021:2017. De acordo com esta, deve-se respeitar a legislação na ordem internacional, federal, estadual e municipal, exigências da indústria ou comércio para conseguir expor alguma peculiaridade.

A norma ISO 14021:2017 ainda nesse contexto ajuda na divulgação das diretrizes para empresas adotarem nessa área. Alguns trechos relacionados que ajudaram na regulamentação podem ser vistos abaixo:

- “a) devem ser precisas e não enganosas
- b) devem ser fundamentadas e verificadas; (...)
- e) devem ser específicas quanto ao aspecto ambiental ou melhoria ambiental declarada; (...)
- g) não ter a probabilidade de resultar em interpretação equivocada;
- l) devem somente se referir a um aspecto ambiental que exista ou possa ocorrer durante a vida útil do produto (...)” (ISO 14021:2017).

As auto declarações estão em maior quantidade nos produtos de limpeza como sabão, detergente e alvejantes. Grande parte das embalagens ajudam nas políticas ambientais como a educação ambiental, já que os produtos se autodenominam recicláveis e com isso, grande parte é destinada às cooperativas.

Os selos Procel são selos brasileiros criados pelo governo brasileiro na década de 1990 que compõem esse tipo de rotulagem. Essa validação atinge, em especial, eletrodomésticos como forno elétrico, máquina de lavar e televisores e tem como finalidade indicar ao consumidor o tanto que tal aparelho precisa consumir energia para o seu funcionamento útil. A figura 06 exemplifica esse tipo de selo, o Procel.



Figura 6 - Selo Procel

Essa iniciativa teve como motivo diminuir os gastos com a energia, fomentar o mercado interno desses aparelhos e desenvolvimento sustentável. Segundo o Governo Federal, esse programa gerou uma economia de 15,1 bilhões de kwh, economia de 3,3% do consumo de energia e o impedimento da emissão de 425 mil toneladas de CO₂ no ano.

2.9.5 Rotulagem Ambiental – Tipo III

Esse tipo de rotulagem ambiental corresponde a análise de todas as etapas do ciclo de vida de um produto com a ajuda de profissionais para a emissão do rótulo. Uma das fases mais importantes corresponde a do inventário do ciclo de vida em que a reunião dos dados envolvendo determinado produto são reunidos para que assim seja emitido ou não um selo para determinado produto.

A norma ISO 14025:2017 é uma das responsáveis por ditar essas regras, de acordo com o documento as etapas a serem seguidas são as estabelecidas pela ISO 14040:2009 conforme exemplificado na figura 07.

“Os objetivos das declarações ambientais do tipo III são os seguintes:

- a) fornecer informações baseadas em ACV e informações adicionais sobre os aspectos ambientais dos produtos;
- b) ajudar compradores e usuários a fazer comparações informadas entre produtos; estas declarações são não afirmações comparativas;
- c) incentivar a melhoria do desempenho ambiental;

d) fornecer informações para avaliar os impactos ambientais dos produtos ao longo de seu ciclo de vida” (ISO 14025:2017).

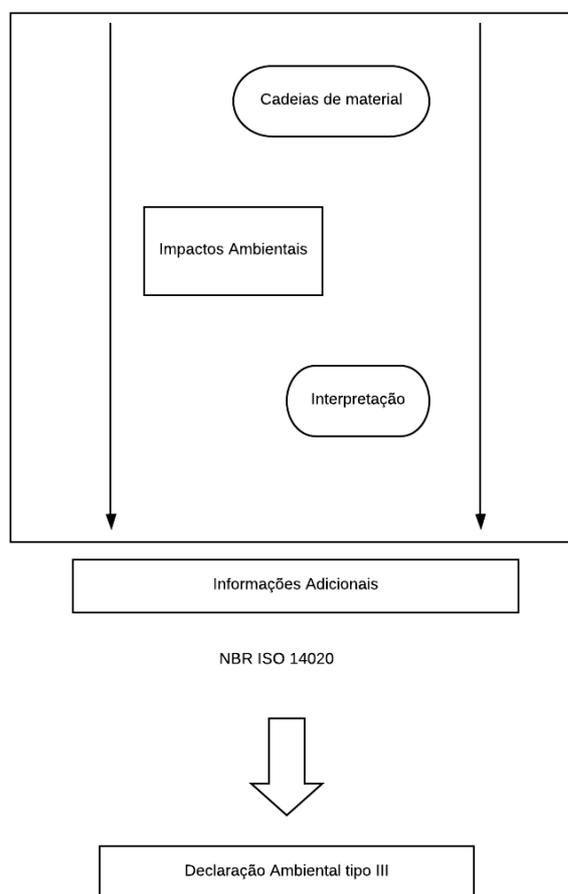


Figura 7 - Representação ISO 14025:2017 – Adaptado.

Fonte – ISO 14025:2017.

Alguns materiais são certificados por seguir estes rituais. Em geral, são produtos que podem gerar impactos ambientais durante o seu processo de produção. Nesse sentido, existem outras fundações que analisam as etapas de produção para, em seguida, emitir um selo verde para tal material no mercado.

O setor da construção civil é cada vez mais focado em minimizar os impactos. Para Antunes e Cordeiro (2011), as pessoas buscam empresas que tentam atender todas as frentes que uma obra pode a parte social, melhor custo benefício e com menor impacto ao meio ambiente e elas encontram nos rótulos ambientais essa forma de se comunicar com o mercado. Ainda de acordo com Antunes e Cordeiro (2011), a divulgação de resultados da ACV são obstáculos a

serem superados diante do desafio das construtoras em propiciar construções sustentáveis no mercado, uma vez que as análises de ciclo de vida ainda estão buscando espaço no mercado.

3. METODOLOGIA

O estudo de análise de ciclo de vida será feito com base no documento criado e respaldado pelo Conselho Brasileiro de Construção Civil. Neste contexto, pretende-se averiguar, por meio de entrevista, os consumos de energia, água, resíduos e eventuais emissões de carbono para que nas equações estabelecidas pelo documento.

O primeiro passo da metodologia corresponde a criação de critérios para escolha da empresa para o estudo, ou seja, elencar os principais elementos que possam servir como justificativa na escolha da empresa. Já o segundo consiste no desenvolvimento do fluxo de produção do agregado reciclado na empresa à luz da ACV, apresentando e detalhando as etapas produtivas que vão da entrada dos resíduos até a obtenção do agregado reciclado. Nesse sentido, a visão macro do sistema será essencial para o entendimento da análise porta a porta.

A metodologia proposta não usará ferramentas de software para a analisar a cadeia de produção da usina, tendo em vista que do ponto de vista técnico não foi possível formar fluxogramas que se condizem com a realidade. Sendo assim, o grau de incerteza seria maior ao estudo ao aplicar e relacionar com as base de dados dos outros países.

Por fim, o estudo ainda precisa tende a analisar pontos essenciais para a obtenção de rótulos ambientais para o agregado em questão, de maneira a levantar todos os tópicos necessários para um produto com viés ambiental.

3.1 ESCOLHA DO LOCAL

Alguns critérios técnicos foram adotados para a escolha da empresa como podem ser vistos abaixo:

- Aspectos legais: Licenciamento ambiental, abertura dos processos produtivos e a informações relevantes em relação ao seu funcionamento;
- Atividade da Empresa: reciclagem dos resíduos de construção civil e produção de agregados; e
- Localização da Empresa: Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE-DF).

3.2 PROPOSTA DE FORMAÇÃO DO FLUXO DE PRODUÇÃO DA EMPRESA

O processo de produção de agregados provenientes de RCD ocorre em etapas. Os agregados reciclados são o produto da reciclagem da fração de origem mineral dos RCD, ou seja, concretos, argamassas e materiais cerâmicas (SIMONE e NEUMANN, 2012).

O processo de formação de agregados envolve aspectos como a possibilidade de geração de resíduos do processo nas indústrias, gastos com energia, emissão de gases e consumo de água. Nesse sentido, pretende-se descrever os processos de cada uma das etapas produtivas e formar uma rede de produção responsável por várias etapas, que variam desde a coleta do resíduo até a parte do produto final.

Para a avaliação do processo de produção do agregado reciclado será desenvolvido um fluxograma que representa todo o processo produtivo. Será avaliada a possibilidade da destinação do agregado reciclado para a inserção como um insumo no processo produtivo de um material de construção utilizado no setor da construção civil regional.

3.3 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO DO ACV

O primeiro passo para a análise do ciclo de vida dos agregados reciclados corresponde a definição de objetivos e a formação da estrutura do sistema de produção. Nesse caso, a ACV tem como objetivo verificar o viés ambiental dos agregados de resíduos de construção civil e em seguida, checar se o mesmo pode ser certificado dentro das premissas normativas e/ou por selos ambientais.

O público alvo escolhido tende a ser a sociedade civil como um todo, que fará uso do produto para finalidades relacionadas à construção civil ou será beneficiado com a redução do resíduo proveniente das atividades de construção e demolição.

3.3.1 Unidade Funcional

A unidade funcional é um dos fatores primordiais no estudo, uma vez que é preciso quantificar os processos dentro do sistema. A tabela 06 estabelece algumas das unidades a serem adotadas. Além disso, deve-se ressaltar na adoção de uma medida de tempo que a análise e os dados são feitos: dia, mês ou ano, por exemplo.

Tabela 6 - Unidades adotadas.

Elementos	Unidades
Água	Litros
Resíduos	Toneladas
CO ₂	Kg CO ₂
Energia	MJ

Fonte – John (2014).

3.4 FRONTEIRAS DO SISTEMA

A fronteira do sistema corresponde a elementos que servem para demarcar o ponto de estudo do sistema o que foi definido do portão ao portão, ou seja, desde a chegada de resíduos da construção na empresa até a parte final de formação do agregado, a ser comercializado com o rótulo ambiental.

Outros elementos importantes serviram para limitar o estudo de ciclo de vida como: dados que podem ser oferecidos ou não pela empresa, foco voltado para resíduos, energia, água e emissão de CO₂.

3.5 LEVANTAMENTO DE DADOS

O levantamento de dados da empresa foi feito com base no documento do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável que possui uma série de equações que abrangem parâmetros relacionados a energia, água e materiais.

3.5.1 Energia

A energia é fundamental para o funcionamento de uma empresa, já que muitas máquinas são elétricas e consomem uma quantidade considerável de quilowatts. Sendo assim, alguns elementos que circundam a energia tiveram que ser calculados para a aplicação do documento criado pelo CBCS.

$$Cd_{p\zeta} = CD \times Massa_{Insumo_{p\zeta}} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que, $Cd_{p\zeta}$ = faixa de diesel para cada peça;

$$CD = \text{faixa de diesel};$$

$$Massa_{insumo_{p\zeta}} = \text{massa de insumo em cada peça.} \quad \text{Equação 2}$$

A energia despendida para o transporte é obtida por meio do transporte que ocorre por meio de caminhões e são relacionadas as faixas de diesel para cada peça.

$$\text{Energia } Trans = \text{Energia E. D.} \times CD_{p\zeta} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo que, *Energia trans* = energia transporte

Energia E.D. = Energia Embutida (MJ/ UF);

CD pç = Faixa de diesel em cada peça.

$$C. E. PRO. = (\%) \text{ Produtos em cada projeto} \times \text{Consumo de energia para a fábrica} \quad \text{Equação 4}$$

Sendo que, *C.E.PRO.* = consumo de energia para o produto (MJ)

(%) Produto em cada projeto;

C. E. F. = Consumo de energia para cada fábrica.

Para obtenção de um resultado com menor grau de incerteza durante a aplicação da metodologia de ACV Modular, deve-se admitir que todo o agregado reciclado tende a formar blocos de calçada e fazer uma proporção para que se acha um número aproximado de quantos blocos podem sair da empresa com base na quantidade de agregado reciclado produzido.

Consumo Energia por Peça

$$CEP = \frac{C.E.PRO.}{QTD} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo que, *C.E.P.* = Consumo Energético para cada

C.E.PRO. = Consumo de Energia para os produtos;

QTD = Quantidade de prováveis peças.

Por fim, a energia total de toda a fábrica pode ser verificada por causa da equação abaixo:

$$EF = QTD \times EE \times CEPRO \quad \text{Equação 6}$$

Sendo que *EF* = Energia na Fábrica

QTD = Quantidade de prováveis peças;

EE = Energia Embutida do insumo energético;

CEPRO = Consumo de Energia por peça;

3.5.2 Materiais

De acordo com a metodologia proposta e a situação vivida, deve-se empregar as equações 7, 8 e 9 com a finalidade de verificar aspectos quantitativos que estão relacionados a porcentagem de agregado no produto, bem como a quantidade total de massa de agregado produzido.

$$\% \textit{Produto} = \frac{MCP}{MTF} \quad \text{Equação 7}$$

Sendo que, *% Produto* = percentual de prováveis produtos de toda a fábrica;

MCP = Massa dos resíduos reciclados classe A;

MTF = Massa total que chega na fábrica.

A massa total em cada produto deve ser averiguada com base na quantidade total de materiais que são aproveitados e a perda durante todo o processo.

$$MTP = \textit{Perda} \times QTF \quad \text{Equação 8}$$

Sendo que, *MTP* = Massa total por produto;

Perda = Perda da produção;

QTF = Quantidade transportada até a fábrica.

3.5.3 Resíduos

A quantidade de resíduos que surgem a partir do processo podem ser expressas por meio da equação abaixo, em geral, esse valor se refere aqueles elementos que chegam até a usina e não condizem com algum aproveitamento.

$$\textit{Rejeitos} = \textit{Perda} \times MTF \quad \text{Equação 9}$$

Sendo que, *Rejeitos* = quantidade de resíduos levados para o aterro;

Perda = Perda informada;

MTF = Massa total que chega na fábrica.

3.5.3 Água

Uma maneira viável para constatar o consumo de água corresponde ao levantamento através dos responsáveis pela empresa para se saber o quanto é utilizado. Além disso, deve-se verificar o consumo despejado nos produtos. O balanço tende a ser feito diária e mensalmente.

Outros parâmetros podem ser levantados com base em John (2014), tais fatores são a quantidade de água por dia ou mês pela metro quadrado. O resultado referente a área pode ser obtido mediante o *Google Earth*.

$$\text{Água} \left(\frac{L}{\text{dia}} \cdot m^2 \right) = \frac{\text{Água utilizada por dia}}{m^2} \quad \text{Equação 10}$$

Sendo que, $\text{Água} (L/\text{dia} \cdot m^2)$ = quantidade de água por dia ou mês pela área

$$M^2 = \text{área da usina}$$

Por fim, pode-se calcular valores referentes a quantidade de água por peça através da quantidade de peças por metro quadrado e de água utilizada.

$$\text{Água } p\zeta = \frac{\text{Água}/m^2}{\text{Peça}/m^2} \quad \text{Equação 11}$$

Sendo que, $\text{Água } p\zeta$ = água por peça;

$$\text{Água}/m^2 = \text{água por metro quadrado da usina};$$

$$\text{Peça}/m^2 = \text{quantidade de peças por } m^2.$$

3.6 ROTULAGEM AMBIENTAL

A rotulagem ambiental será realizada seguindo os princípios das normas ISO 14020 e em consequência, a formação de parâmetros que serão colocados no rótulo. Diante disso, pretende-se verificar se a proposta de produto pode se enquadrar no sistema de rotulagem ambiental conforme esquematizado pela figura 8.

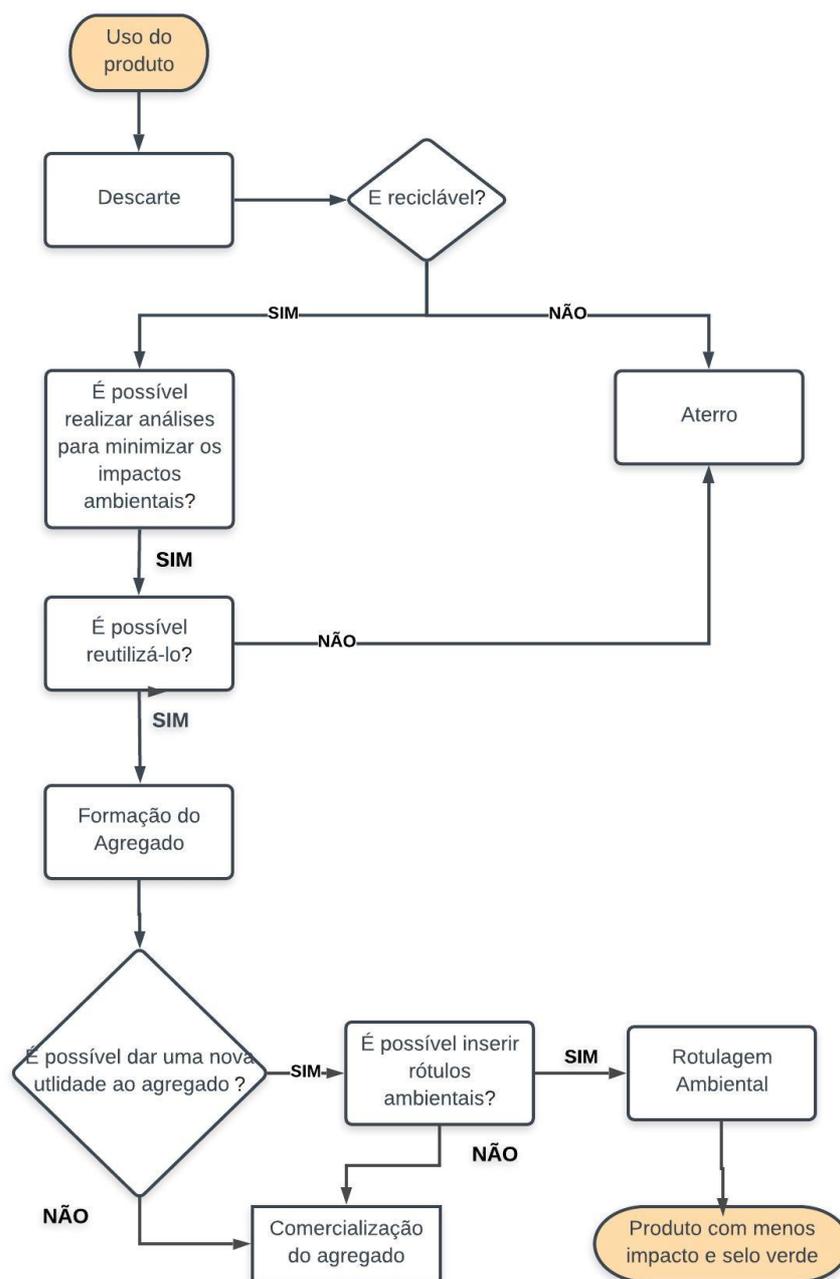


Figura 8 - Esquema de obtenção da rotulagem.

Fonte – ISO 14021:2017.

3.6.1 Realização de Análise de Ciclo de Vida

Um dos pré-requisitos exigidos para a rotulagem ambiental consiste na análise de ciclo de vida. Nesse estudo, ao verificar o viés ambiental de uma usina que aproveita de resíduos de construção civil, os passos para o preenchimento dos quesitos da rotulagem ambiental tendem a ser preenchidos.

3.6.2 Escolha de elementos para a rotulagem

Diante das normas ISO relacionadas a rótulos ambientais e a partir da escolha de qual tipo será enquadrado, é preciso averiguar se a cadeia produtiva preenche tópicos que serão fundamentais para novos rótulos, tais fatores são: compostável, degradável, projetado para desmonte, vida útil do produto, energia, reciclável, conteúdo reciclável, material de pré ou pós consumo, material reciclado, material recuperado, uso reduzido de água, reutilizável e entre outros pontos a serem analisados.

3.6.3 Requisitos Específicos

A partir do enquadramento explicitado no item 3.6.2, alguns requisitos devem ser adotados para que haja a validação do rótulo que podem ser elencadas:

- Precisão e não enganosas;
- Fundamentadas e verificadas;
- Não pode ter dupla probabilidade; e
- Informações dos aspectos ambientais.

3.7 PARÂMETROS PARA A ROTULAGEM

A partir da aplicação da norma ISO 14020, bem como enquadramento no sistema de rotulagem ambiental, é necessário para o estudo a formulação de parâmetros que servirão serem colocados no rótulo. A construção destes será dado pelo princípio de pegada ecológica em que é verificado o consumo para a produção de uma tonelada para água e energia. Em relação as emissões gasosas serão levados em consideração aspectos relacionados a quantidade de viagens, volume do caminhão, quantidade de caminhão, distância percorrida e tipo de combustível.

3.7.1 Reciclável

Para a ISO 14021:2017, o termo reciclável de uma embalagem está associado aos problemas relacionados ao fluxo para a produção do produto. O ciclo de Mobius pode ser opcional, todavia é necessário criar um documento explicando pontos dentro da fábrica que indiquem o caráter reciclável.

Além disso, o fabricante precisa informar o tanto que é reciclável durante a sua produção de maneira que se possa ter informações tanto na fase pré-consumo quanto pós-consumo. Assim, será possível verificar o quanto de material foi reaproveitado

3.7.2 Energia

A construção deste parâmetro será feita com base na entrevista a ser realizada durante a visita técnica. Nesse sentido, com base nos questionamentos será levantado aspectos com o objetivo de quantificar a quantidade de energia consumida em todo o processo para que através da quantidade total de agregados sejam produzidos o parâmetro de energia em kwh/tonelada.

3.7.3 Água

Os valores referentes a água também seguirão a mesma dinâmica adotada para a energia, ou seja, será averiguado, diante da entrevista, aspectos quantitativos do consumo de água pela quantidade de toneladas de agregados.

3.7.4 Resíduos

O parâmetro de resíduos tende a ser construído com base nos dados levantados realizados em virtude da entrevista feita durante a visita técnica. Deve-se levar em consideração a parte tanto a parte quantitativa quanto qualitativa de modo que sejam aplicados conceitos na rotulagem, adição de informações referentes a reciclagem, Ciclo de Mobius, e eventuais índices de aproveitamento.

3.7.5 Gases do efeito estufa

O parâmetro de emissões gasosas deve ser construído com base no princípio de CO₂ equivalente, ou seja, análise da quantidade de caminhões, autonomia destes, distâncias percorridas, número de viagens e a partir dos pontos de origem das viagens e seus respectivos destinos. Ao elencar estes tópicos, deve-se utilizar fatores de conversão para se ter um resultado, da quantidade emitida de gás carbônico.

4. RESULTADOS

4.1 FLUXOGRAMA DA USINA

O Distrito Federal possui inúmeras obras públicas ou privadas que geram uma quantidade considerável de resíduos de construção. O Serviço de Limpeza Urbana (SLU) trata com bastante atenção essa questão, ainda mais que este tipo de resíduo possui uma grande quantidade associada a um valor alto em relação ao seu volume. Com intuito não só do ponto de vista comercial, mas também ambiental, algumas empresas entraram no mercado com a finalidade de resgatar todos os resíduos provenientes de obras ou reformas e aplicaram uma série de processos para dar origem a novos agregados e retorná-los ao mercado.

O Plano Distrital de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de 2017 prevê uma geração de resíduos até 2037 de cerca 2.000.000 toneladas de RCC em todo o DF. Ao ser encarado por esse panorama, o GDF passou a fomentar a reciclagem desse resíduo o que pode ser explicado pelo surgimento da usina em estudo e de outras. A empresa em estudo refletiu a dinâmica de resíduos sólidos de construção civil encontrada no DF.

O entendimento da cadeia de produção do agregado é fundamental para a aplicação da ACV. A visita aconteceu no dia 11/09/2019 e trouxe uma série de informações que foram levantadas com base na entrevista realizada no mesmo dia.

Os resíduos de construção têm como origem todo o Distrito Federal, em especial, de lugares como o Noroeste que apresenta um grande número de obras em virtude da expansão do bairro. Outros lugares se destacam como o Pólo JK, W3 e as residências do Plano Piloto que contam com o auxílio de cinco caminhões no transporte desses materiais.

A partir da chegada do RCC, há a segregação manual ou com auxílio de retroescavadeiras em três tipos de destinação: resíduos classe A, madeira e materiais recicláveis. Aproximadamente 5% de todo o resíduo coletado vai para o aterro, o que totaliza, aproximadamente, 200 toneladas de rejeitos.

Toda a madeira segregada possui dois tipos de destinação. A primeira é constituída de 250 toneladas de cavaco, a qual é responsável por demais aplicações da madeira em indústrias, por exemplo. Já a segunda possui uma quantidade de 100 toneladas de poda destinadas para a compostagem.

Outro efeito da segregação consiste na destinação de eventuais materiais recicláveis que são encontrados durante o recebimento de todo o montante. A triagem propicia a coleta de 30 toneladas que são divididas em alumínio, cobre, ferro, plástico e entre outros que são redirecionados para outro local o que impossibilita o seu descarte imediato.

A terceira destinação é relacionada a um dos principais focos dentro da Martins Ambiental correspondentes ao tratamento dos resíduos classe A. Mensalmente, a empresa recebe cerca de 3200 toneladas desse tipo de material que passa por uma série de etapas até a formação do agregado reciclado.

A infraestrutura da usina se assemelha um britador fixo auxiliado por uma série de peneiras, ou seja, pelo fato da quantidade recebida de resíduos de construção civil, os britadores possuem um tamanho considerável o que os inviabilizam eventuais alternâncias nas suas posições. Além disso, os maquinários contam com a ajuda de esteiras responsáveis por transportar todo o resíduo de um britador até o outro desde os seus tamanhos originais das obras até a parte final de produção dos agregados reciclados. A figura 09 tenta ilustrar como é o sistema descrito em que há os britadores que trabalham para a formação dos agregados reciclados.



Figura 9 - Usina.

Após a chegada do material e, em consequência, a sua triagem, os resíduos classe A são tratados com algumas peculiaridades tais como a segregação entre o ferro presente na construção e o concreto. Tal atividade é realizada com o auxílio seja do maquinário ou retroescavadeiras.

A partir da passagem entre os britadores, existem peneiras que ajudam no auxílio de segregar os diferentes tamanhos o que influencia a formação dos agregados reciclados (areia, pedrisco, rachão e brita). A figura 10 mostra os britadores e mais ao fundo os agregados recém produzidos.



Figura 10 - Britadores da usina.

O processo de trituração por meio dos britadores é dinâmico. O caminho é traçado, já no primeiro britador que realiza uma quebra inicial que ajuda a reduzir o tamanho. A partir desse momento, o material triturado é conduzido nesse processo até que se forme os agregados que serão armazenados e parte deste destinados a blocos de calçada, como o rachão. Os rejeitos que surgem em todo o processo dos resíduos classe A são levados até o aterro controlado de Brasília por meio de caminhões da própria empresa.

Outro ponto importante corresponde ao gasto de energia, já que todo o funcionamento da empresa é dividido entre a parte administrativa e o processo em si. Diante disso, a formação

de agregados reciclados caminha para o seu fim por meio do armazenamento e em consequência, distribuição para todo o DF.

4.2 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

Ao compreender um pouco mais sobre a realidade do sistema de reaproveitamento de resíduos, partiu-se para a verificação de eventuais impactos ambientais. No primeiro momento o foco foi calcular o que havia sido estabelecido previamente na metodologia, ou seja, a análise de ciclo de vida modular.

John (2014) prevê que esse tipo de ciclo de vida é novo e vem sendo aplicado em especial para elementos da construção civil. O objetivo é verificar de maneira quantitativa alguns aspectos que foram levantados durante a visita e o que foi proposto previamente.

Sendo assim, ao respeitar o que é estabelecido pela norma ISO 14040:2017, a parte introdutória tem como características uma delimitação do sistema que corresponde somente ao ambiente da empresa, ou seja, desde a entrada de resíduos sólidos pelo canteiro até o agregado reciclado formado e armazenado.

As unidades funcionais são essenciais para a sequência do trabalho que envolve o ciclo de vida. Através da visita realizada em setembro de 2019, pode-se escolher a unidade de toneladas para tudo aquilo que tange a questão de massa dos resíduos que entram na usina, MJ para as questões que envolvem energia e litros para a quantidade de água utilizada para o processo de produção do novo agregado. Vale ressaltar que a unidade de tempo requerida que ajuda a delimitar o sistema é com base nos levantamentos mensais informados por meio da entrevista.

Os dados de entrada no sistema entrada são essenciais para que haja a formação do ciclo de vida. De um lado, os pontos a serem elencados para a parte inicial correspondem a valores correspondentes ao consumo de energia, água e a quantidade de volume de resíduos por caminhão que chega até o local. Pelo outro, há os dados de saída como os eventuais impactos ambientais ocasionados pelo processo da linha de produção da empresa.

4.2.1 Análise de Ciclo de Vida - Modular

As usinas de reciclagem de materiais da construção civil surgiram como alternativa de aliar o crescimento econômico da construção civil com a minimização de impactos ambientais. Para

isso, foi preciso otimizar os processos de produção e redução do consumo de energia, resíduos e água, por exemplo, para contornar os impactos causados.

A metodologia escolhida consiste na aplicação do ACV modular que é feita com base na quantidades de blocos de calçada. Todavia, apenas uma pequena porcentagem desses agregados reciclados são destinados para a formação de blocos de calçada. Sendo assim, será considerado até 50% da quantidade total para a formação de blocos de calçada conforme é defendido por Collins (1998). Nesse sentido, em virtude da formação de eventuais blocos, a destinação dessa parte seria voltada para todo o cenário do DF e incluído na dinâmica distrital dos resíduos sólidos de construção civil.

Os dados de entrada para a ACV serão de 270000 L para o consumo de água, 3800 toneladas de resíduos e 119907 kwh para os valores relacionados a energia. Vale ressaltar que todos os valores coletados diante da entrevista correspondem ao período de um mês e as unidades foram convertidas ao que se emprega pelo documento do CBCS.

4.2.1.1 Energia

A preocupação com o consumo de energia cresce a cada ano e essa situação não é diferente no setor da construção civil. Os cálculos envolvendo energia foram utilizados com base nos valores que John (2014) estabeleceu, ou seja, os valores referentes a emissão de CO₂ nos processos que envolvem o consumo energético. Foram considerados 37,3 MJ/UF para a quantidade de litros de óleo diesel e 3,3 kgCO₂/UF para os fatores de emissão aos quilos de carbono emitidos Silva (2013). A tabela 07 remete a esses valores encontrados.

Tabela 7 - Valores de Energia.

Faixa de Emissão em cada peça – CD <i>pç</i>	13,2
Energia provinda do Transporte	492,36 MJ
% Produtos do Projeto	85%
Consumo de energia para a produção do produto	366915,42 MJ
Consumo de Energia por cada peça	0,91 MJ/Peça

Fonte: Autor

Grande parte do consumo de energia da usina provém de britadores que trabalham no processo, para Figueira (2010), de fragmentação e isso tende a acarretar em 85% de todos os gastos com a energia.

O processo dentro da usina tenta formar um novo produto no mercado para as construções com menos consumo e impacto. Apesar de todo o processo ainda estar envolvido com a fragmentação de resíduos, percebeu-se por meio da visita que toda a operação envolve a necessidade de certa quantidade de consumo de energia, ainda mais que não foi desenvolvido instrumentos capazes de ter uma alta eficiência nas suas atividades sem causar tantos danos ao meio ambiente.

Os eventuais impactos estariam voltados para os casos da matriz energética brasileira não ser 100% limpa e sustentável, já que Araujo e Goes (2009) afirma que 45% da matriz energética brasileira é sustentável o que provoca ainda mais emissões de gases a atmosfera e piora os valores encontrados.

4.2.1.2 Água

O cenário atual ainda exige elevado gasto de água envolvendo materiais da construção civil, uma vez que para uma boa avaliação do produto, este componente é essencial para o alcance dos resultados positivos relacionados as partes técnicas. John (2003) afirma que a relação entre a formação de agregados e a água pode variar de acordo com a sua composição o que pode causar uma variação entre 30% a até 70% da proporção de água para a formação de uma tonelada. Dentro desse intervalo foi arbitrado o valor de 50% de aproveitamento que será utilizada para a formação dos produtos com ilustra tabela 08.

Tabela 8 - Valores de água.

Água total nos produtos por mês	135.000 l
Água (l/dia.m ²)	0,36 (l/m ² .dia)
Água (l/mês.m ²)	10,81 (l/mês.m ²)
Quantidade de água por peça	0,34 l/peça

Fonte: Autor.

Em comparação com a formação de outros elementos construtivos, o uso da água tende a ter seus parâmetros reduzidos. Um exemplo de comparação é em relação a produção de tijolos discutido por Araujo e Brito (2015), tendo em vista que o consumo da mesma é de 2,13 l/peça.

4.2.1.3 Materiais e Resíduos

Toda cadeia de produção desencadeia o despejo de alguns resíduos que não conseguem ser aproveitados ou ainda carece de tecnologias para o seu tratamento pós-consumo. Monteiro et

al. (2001) prevê que os resíduos são causados pelas perdas por: superprodução, manutenção de estoques, transporte, movimento, espera, fabricação de produtos defeituosos, substituição e processamento.

O contexto na usina do estudo não é diferente o que pode ser comprovado por meio da quantidade de material que vira rejeito seja direcionado para os aterros sanitários. A tabela 09 exemplifica valores que foram encontrados para a situação da usina.

Tabela 9 - Valores de materiais.

Massa cada produto	4 kg
Massa total dos resíduos classe A aproveitados	3.200 t
% Produto em relação a toda matéria que chega a usina	1,24E-06

Fonte: Autor.

A proporção foi necessária para a aplicação da metodologia e eventuais formações de impacto. Dessa maneira, pode-se calcular alguns elementos relacionados as perdas durante a formação do agregado reciclado como pode ser visto na tabela 10.

Tabela 10 - Valores de materiais e resíduos.

% de agregado aproveitado	94,7%
% Perda informada	5,3%
Massa total que chega a empresa	3.800 t
Resíduos	200 t

Fonte: Autor.

Para John e Rocha (2003) a temática relacionada aos resíduos de construção são um dos mais solidificados em virtude de políticas públicas voltadas a minimizar os impactos causados pela má deposição do resíduo. Além disso, já existe no aspecto da gestão pública preocupações relacionadas a vida útil do aterro, vida útil dos materiais e eventuais descartes motivados pela promulgação da PNRS.

4.3 SELO AMBIENTAL

A construção do selo ambiental do agregado em estudo foi guiada como base em duas frentes: de um lado, por meio de parâmetros do ponto vista ambiental tais como energia, emissão de gases, água e resíduos, e pelo outro, através da norma ISO 14021:2017.

4.3.1 Parâmetros para a rotulagem ambiental

A presença de parâmetros é importante, ainda mais tratando-se de um produto que busca certificações ambientais para o mercado, uma vez que os valores encontrados podem servir para serem colocados em rotulagens ambientais. O ciclo de vida pode ajudar os produtos por conversão de fatores, essa é uma maneira ainda usual e bastante utilizada quando se buscam analisar o viés ambiental de uma cadeia de produção.

Em geral, esse método consiste em verificar minuciosamente aspectos da cadeia de produção e aplicar elementos de conversão por meio da proporção entre os fatores estabelecidos no mundo acadêmico. Em consequência, todos os resultados desses cálculos bem como o que é estabelecido pela norma ISO 14021:2017 tende a enquadrar o agregado no mercado e ser comercializado por meio de autodeclarações verdes.

Os objetivos que englobam rotulagens ambientais são semelhantes ao que é buscado nos ciclos de vida modular, ou seja, aspectos relacionados a água, resíduos, energia e eventuais gases do efeito estufa com o foco principal no CO₂.

4.3.2 Emissão de Gases

Pasuello et al (2014) afirma que um dos grandes desafios da construção civil é reduzir a pegada de carbono e a quantidade de recursos naturais. Em virtude das grandes preocupações climáticas que abrange a emissão de gases de efeito estufa, um dos pontos de estudo foram o transporte dos resíduos até a usina, eventuais carregamentos até o aterro sanitário e durante o próprio processo de formação do agregado por meio da utilização da energia e consumo de água.

O levantamento de emissões gasosas foi relacionado ao transporte e construído com base no que foi relatado durante a entrevista em setembro de 2019. A partir dos dados levantados, grande parte dos resíduos tem como origem alguns pontos do DF, tais como: Plano Piloto, Sudoeste, Noroeste, Pólo JK, Lago Sul e Lago Norte. Não foram considerados as viagens de distribuição do agregado e as referentes ao aterro.

Ao verificar um traçado médio por meio de aplicativos como o *Google Maps*, pode-se somar as distâncias dos destinos de resíduos de construção civil citados com base na quantidade de resíduos, as respectivas viagens de ida e volta, consumo de litro. Com isso, obtém-se o valor de 534 km de distância percorrida mensalmente se levados em considerações os destinos citados acima.

Nesse sentido, o valor encontrado em relação a distância e o consumo de litros de combustível dos caminhões da empresa, bem como a aplicação do fator de conversão de emissão para a quantidade de quilogramas emitido por litros de diesel, explicitados no documento do CBCS. Além disso, outros elementos foram levados em consideração como a soma do fator de energia estabelecidos por Sanquetta e Joelma (2016) 0,137 kgCO₂/kwh que resultou no valor de 726946,30 kg de CO₂ mensais durante o processo. Esse resultado relacionado com a quantidade de agregados produzidos emite uma relação de 191,30 kgCO₂ por mês.

4.3.3 Parâmetro de Água

A água tem fundamental importância na construção civil. A abrangência de sua utilização é bem ampla, uma vez que o volume desta pode ser usada desde a formação de concreto ou cimento até a de agregados reciclados. De acordo com Helene (2010), a água é consumida, em especial, na formação de cimento e a sua relação com outros componentes tende a influenciar no comportamento do material por meio da relação água/cimento.

A partir do momento da entrevista, pode-se encontrar a situação de consumo relativos a 270000 litros de água consumidos por mês que são consumidos por toda a empresa por mês. A partir da quantidade total de resíduos de construção civil relativos a 3800 toneladas, o parâmetro da água encontrado corresponde a 71,05 L/t por mês.

4.3.4 Parâmetro de Energia

A energia é um fator importante para o funcionamento de uma empresa. A estrutura da Martins Ambiental é formada por uma série de máquinas que dependem de energia, mas que mesmo pela quantidade de horas utilizadas obtém valores de consumo energético menores se comparados com outras fábricas.

Os resultados relacionados a energia variam de acordo com o tamanho da usina, como a empresa recicla resíduos e a tendência é que os valores sejam menores que em fábricas convencionais. Sendo assim, o valor foi calculado com base na relação consumo energético

por tonenalda e resultou em 31,55 kwh/t, este valor foi construído por meio do levantamento feito na entrevista e com os dados levantados da quantidade total de resíduos.

Se comparado com processos convencionais, Cristo et al (2014) prevê nos britadores consumo aproximado de 40kwh/t, ou seja, inferior a estas usinas. Todavia, vale ressaltar que por mais que seja um valor menor, o parâmetro energia ainda carece de desenvolvimento no sentido de ter máquinas mais eficiente e consumir menos energia.

4.3.5 Parâmetro de Resíduos

O parâmetro de resíduos é outro elemento importante, uma vez que este está vinculado aos índices de aproveitamento de resíduos. Os elevados índices, bem como a pequenas quantidades de rejeitos, se comparados com todo o sistema, permitem com que a rotulagem se enquadre, em especial, com o teor reciclável em sua marca.

Os valores encontrados são um aproveitamento de mais de 95% dos resíduos classe A que chegam a Martins Ambiental. A outra parte é rafimificada em materiais recicláveis e madeira, o restante é rejeito levado para locais como o lixão da estrutural grande referência no DF para o recebimento de resíduos inertes.

4.4 SELO VERDE – NORMA ISO 14021:2017

Durante o processo para a obtenção dos selos verdes, existe um longo caminho por meio do cumprimento de alguns tópicos exigidos pelas normas ISO 14020: 2017 e a ISO 14021:2017 que se arremete as autodeclarações.

Santos et al (2012) apud Biazin e Godoy (2000) comentam que a certificação é de iniciativa do fabricante em busca de demonstrar o viés ambiental de seus produtos para atrair mais consumidores. Além disso, a Network et al (2004) estabelece alguns parâmetros que são previamente estabelecidos pela organização. Alguns destes se encaixam na realidade da usina em estudo, tais fatores podem ser elencados: natureza voluntária, regularização diante de eventuais licenças ambientais vigentes exigidas pelos órgãos ambientais, transparência em todas as etapas do desenvolvimento e operações, livre influência, ou seja, as fontes de financiamento não influenciam no desenvolvimento e seleção de critérios com base em sólidos princípios científicos e de engenharia.

Com base no que foi abordado e calculado, pode-se caminhar para a produção do rótulo ambiental ao inserir valores encontrados por meio dos parâmetros. Nesse sentido, o rótuloAo respeitar os princípios da norma ISO 14020 e o enquadramento com a situação vivenciada pela empresa, alguns pontos podem ser aplicados tais como: vida útil prolongada do produto, energia, reciclável, material pós-consumo, consumo de água reduzido, reutilizável e redução dos resíduos conforme apresentado na tabela 12.

Tabela 11 - Parâmetros para a rotulagem ambiental.

Elementos	Quantidades	Unidades
Água	71,05	L/t
Energia	31,55	Kwh/t
CO ₂	191,30	kgCO ₂
Aproveitamento de Resíduos Classe A	95%	-

Fonte: Autor.

A rotulagem ambiental seguiria o que a norma exige e teria os parâmetros indicados acima. Em alguns pontos os elementos possuem bons indicativos como a questão da água e o aproveitamento elevado de resíduos classe A. Em contrapartida, a questão energética ainda se assemelha as máquinas convencionais. Outro ponto importante é inviabilidade de comparar outros valores que tem como unidade a quantidade de litro de água consumida para a formação de uma tonelada de agregado o que dificultaria para os outros tipos de certificações, uma vez que não existem estudos detalhados sobre o assunto.

Vale ressaltar que os resultados encontrados para as emissões gasosas são do ponto de vista macro e caberia outras análises e inserção de demais elementos para os reais valores do quanto se emite na usina.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS

O estudo de caso teve como finalidade discutir uma das tendências do mercado relativas que são as análises de ciclo de vida. As constantes preocupações relativas a proteção ambiental acabaram trazendo uma série de desdobramentos que resultou na verificação de impactos causados ao longo das linhas de produção do agregado.

A aplicabilidade de ciclo de vida modular respaldado pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável foi efetuada por meio de todo o levantamento feito durante as entrevistas. Nesse sentido, valores referentes a água, energia resíduos foram efetuados a partir de algumas medidas como a escolha do local de estudo, delimitação do sistema voltado para a situação vivida pela empresa e unidades funcionais. Assim, o cenário, à luz do ciclo de vida, foi montado para que os cálculos fossem encontrados e as etapas cumpridas.

Após os cálculos serem realizados, pode-se verificar algumas formações de impactos ambientais por mais que haja a aplicação de conceitos de sustentabilidade na empresa. Estes podem ser exemplificados por meio de emissões gasosas, utilização de uma matriz energética que não é 100% limpa e a formação de rejeito.

Vale ressaltar que ainda existe um grau de incerteza nos dados, em virtude de alguns pontos como a coleta de dados do ponto de vista macro, ou seja, a dificuldade em dividir o que foi gasto para outras competências da empresa e o que realmente foi consumido no processo em si.

Outro ponto bastante relevante corresponde a verificação e apresentação do fluxo de destinação dado ao resíduo sólido, uma vez que com base na visita técnica, pode-se conferir a dinâmica dos resíduos sólidos no caso da empresa. Nesse sentido, as usinas de reciclagem de materiais da construção civil ainda demonstram uma tendência. Todavia, por meio da consolidação de novos conceitos como a logística reversa, reciclagem e reutilização, a tendência é que o reaproveitamento seja cada vez maior e influenciam ainda mais esse fluxo.

A aplicabilidade do sistema de rotulagem ambiental foi viável. Entretanto, houve a necessidade de verificar eventuais gastos de energia, água e emissões gasos para que houvesse uma formação de parâmetros construídos a partir da relação de consumo para a formação de uma tonelada de agregado reciclado.

5.1 SUGESTÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS

Sugere-se que nos próximos trabalhos relacionados a essa área, sejam realizados estudos com o foco em tais pontos:

- Aplicação de análise de ciclo de vida com software na versão completa;
- Verificação com maior rigor nas informações da cadeia de produção de um agregado;
- Comparação com outras análise de ciclo de vida de agregados reciclados;
- Aplicação de rotulagem ambiental com outros dois tipos I e III para que depois haja comparações e melhorias nessa área;
- Aplicação da rotulagem ambiental em algum sistema tal como: selo verde CNDA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14020: 2017 Rotulagens Ambientais – Princípios e Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14021: 2017. Autodeclarações ambientais (Rotulagem do tipo II). Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14024:2017. Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental do tipo I – Princípios e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14025:2017 Rótulos e declarações ambientais – Rotulagem ambiental do tipo III – Princípios e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040:2009 gestão ambiental, avaliação de ciclo de vida, princípios e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Dispõe a instituição da Política Nacional dos Resíduos Sólidos.
- DISTRITO FEDERAL. Lei Nº 4.704, de 20 de dezembro de 2011. Dispõe sobre a gestão integrada de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos e dá outras providências.
- DISTRITO FEDERAL. Lei Nº 5418, de 27 de novembro de 2014. Dispõe sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos e dá outras providências.
- ANTUNES, G. R.; CORDEIRO, L. D. N. P. Rotulagem Ambiental Aplicada à Construção Civil. *Iv Elecs*, n. 1, p. 8, 2011.
- ARAUJO, T. R. DE; BRITO, W. O. DE; Avaliação de Ciclo de Vida na fabricação de tijolos na cidade de Monteiro -PB. p. 1–5, 2015.
- ARAUJO, M. DE. Energias alternativas fortalecem a matriz energética, p. 67 - 74. Ano: 2008.
- CAMPOLINA, J. M. Uma revisão de literatura sobre softwares utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, v. 19, n. 2, p. 735–750, 2015.

- COLLINS, R. J. Upgrading the use of recycle aggregates. In: CIB BUILDING CONGRESS - MATERIALS AND TECNOLOGIES FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION, p. 101 - 106. Suíça. Ano: 1998.
- DING, G. K. C. 3 - Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview BT - Eco-efficient Construction and Building Materials. p. 38–62, 2014.
- EDUARDO, C. et al. Confederação Brasileira de Construção Sustentável - Aspectos da Construção Sustentável. Vol. 01. Ano: 2014.
- FÁTIMA, A.; CRISTO, I. DE. Gastos necessários à implantação de uma usina recicladora Reciclagem de resíduos da construção civil : uma abordagem dos gastos necessários à implantação de uma usina recicladora. 2014.
- FIGUEIRA, H. V. O. **Britagem e Moagem**. 5ª Edição, p.143 - 211. Ano: 2010.
- GOMES, N. S.; CASAGRANDE JUNIOR, E. F. O conhecimento e o ponto de vista de 52 empresas brasileiras a respeito da rotulagem ambiental de produtos. Design e Tecnologia, v. 7, n. 13, p. 78, 2017.
- GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. PDGIRS – Plano Distrital De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos. v. 3, p. 797, 2018.
- HANS DE BRUIJN, ROBBERT VAN DUIN, MARK A. J. HUIJBREGTS (AUTH.), JEROEN B. GUINEE, MARIEKE GORREE, REINOUT HEIJUNGS, GJALT HUPPES, RENÉE KLEIJN, A. DE K. **Handbook on Life Cycle Assessment**. Ano: 2007.
- HAUSCHILD, M. Z. GOEDKOOP, M., GUINEE J., HEIJGUNS R., HUIJBREGTS M., JOLLIET J., MARGNI M., SCHRYVER A. D., HUMBERT S., LAURENT A., SALA S., PANT R.. Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 3, p. 683–697, 2013.
- HELENE, PAULO; TIBÉRIO, A.; TIBÉRIO, A. **Concreto de Cimento Portland**. Ano: 2010.
- HOLLERUD, B., BOWYER J., HOWE J., PEPKE E., FERNHOLZ K. **A review of Life Cycle Assessment Tools**. n. February, p. 11, 2017.

- KARPINSK, L.A., PANDOLFO A., RENEHER R., GUIMARÃES J.C.B., PANDOLFO L.M., KUREK, J. **Gestão Diferenciada de resíduos sólidos da construção civil - Uma abordagem ambiental.**Ano:2009 .
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Sustentabilidade urbana e redução de resíduos. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158. Ano: 2011.
- JOHN, V. M. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional.** v. 4. Ano: 2003
- JOHN, V. M. Materiais de construção e o meio ambiente. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**, p. 97–121, 2017.
- JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção.** n. December, Ano:2013.
- JOHN, V. M.; Projeto de Avaliação de Ciclo de Vida de Modular de Blocos e Pisos de Concreto. Ano: 2014.
- LING-CHIN, J.; HEIDRICH, O.; ROSKILLY, A. P. Life cycle assessment (LCA) - From analysing methodology development to introducing an LCA framework for marine photovoltaic (PV) systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, n. June, p. 352–378, 2016.
- LINHARES, S. P.; FERREIRA, J. A.; RITTER, E. Avaliação da implantação da Resolução n . 307 / 2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 3, n. 3, p. 176–194, 2007.
- MANFRINATO, J. W. DE S.; ESGUÍCERO, F. J.; MARTINS, B. L. **Reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável - Estudo de caso.** Ano: 2008.
- MARQUES, C. T. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade.** p. 79–90, 2017.
- MCDUGALL, FORBES R., WHITE P. R., FRANKE M., HINDLE P. **A Life Cycle Inventory of Solid Waste.** Main, p. 103–123, 2019.
- MENDES, N. C. **Métodos e modelos de caracterização para avaliação de impacto do ciclo de vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil.** 2013.
- MENEZES, M. D. S., VERONESI F., PONTES, M., AFONSO, C. Panorama dos Resíduos

- de Construção e Demolição, p. 17-21. Ano: 2011.
- MONTEIRO, J. H. P. **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. p. 43, 2001.
- MOURA, A. M. M. DE. O mecanismo de rotulagem ambiental: Perspectivas de aplicação no Brasil. **IPEA, Boletim regional, urbano e ambiental**, v. 07, n. jan-jun, p. 11–21, 2013.
- NETWORK, G. E.; PAPER, I.; JULY, P. **GLOBAL ECOLABELLING NETWORK (GEN) INFORMATION PAPER : INTRODUCTION TO ECOLABELLING**
Prepared July 2004 Introduction to Ecolabelling. n. July, 2004.
- OLIVEIRA, L. **Avaliação do ciclo de vida de blocos de concreto do mercado brasileiro: alvenaria e pavimentação**. Teses.Usp.Br, 2015.
- PASSUELLO, A. C. B., OLIVEIRA, A. F., COSTA, E. B., KIRCHHEIM, A. P. **Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos**. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 7–20, 2015.
- PIEKARSKI, C. M., LUZ L. M., ZOCHE L., FRANCISCO A. C. **Métodos De Avaliação De Impactos Do Ciclo De Vida: Uma Discussão Para Adoção De Métodos Nas Especificidades Brasileiras**. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 3, p. 222–240, 2012.
- RAMOS, M. A.; PINTO, A. C. DOS P.; MELO, A. A. DE O. **O Gerenciamento Dos Resíduos Sólidos Da Construção Civil E De Demolição No Município De Belo Horizonte**. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 45, 2017.
- RECH, A. D. S., DEBRASSI, J., LIRA L. H., THOMAZ O., SOUZA M. A. Certificação Leed E Sua Importância Nas Construções Brasileiras. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 300, 2018.
- RODRIGUES, M. D., INACIO R. O., FARIA P. E., ROMEIRO E. **Análise de Vida E Aplicação De Design for Environment : O Caso De Produtos De Pedra-Sabão De Minas Gerais**. 2011.
- ROTH, G.; GARCIAS, C. M. **Construção Civil e a Degradação Ambiental. Desenvolvimento Em Questão**, p. 111–128, 2009.
- SANQUETTA, C. R.; JOELMA, M. **Emissões de CO2 e geração de resíduos pelo consumo**

- de cigarros no Brasil no período 2006 - 2012.** p. 33–37, 2016.
- SANTOS, M., APARECIDA R. A., HORI C. Y., JULIOTI P. S. Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **Revista GEPROS**, v. 0, n. 2, p. 57, 2012.
- SILVA, W. C. DA; SANTOS, G. O.; ARAÚJO, W. E. L. DE. **Resíduos Sólidos De Construção Civil: Caracterização, Alternativas De Reuso E Retorno Econômico.** **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286, 2017.
- SILVA, T. R., VENÂNCIO T. M., BRITTO A. O. S., CARVALHO F. H. DE **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos no Japão: História e Atualidade. Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 72, 2018.
- SIMONE, C.; NEUMANN, R. Desenvolvimento De Um Layout. Ano: 2012.
- TEIXEIRA, L.P. A construção civil como instrumento do desenvolvimento. p. 9 - 25. Ano:2011.
- WENZEL, H.; ALTING, L. **Danish experience with the EDIP tool for environmental design of industrial products. Proceedings - 1st International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, EcoDesign 1999**, p. 370–379, Ano: 1999.
- WESENDONCK, A. P.; ARAUJO, R. **Rotulagem ambiental: estudo sobre a criação de um selo verde para os laboratórios da UFPR.** v. 9, Ano: 2014.

Anexo I

Questão 01 – Quais são as etapas de produção do agregado?

Questão 02 – Em relação ao início do processo, a coleta dos resíduos é feita a partir de quais pontos da cidade?

Questão 03 – Qual é o meio de transporte desses resíduos até a usina? Qual é o combustível utilizado e quantos litros são gastos para essa coleta?

Questão 04 – Qual é o volume dos caminhões de coleta?

Questão 05 – Quais materiais compõe esses resíduos de construção?

Questão 06 – Quais as máquinas que são utilizadas durante todo o processo? Elas funcionam somente por conta da energia?

Questão 07 – Quais são os outros materiais são segregados e para onde eles vão?

Questão 08 – Existe algum gasto de água durante o processo? Se sim, quanto?

Questão 09 – Qual porcentagem de volume de resíduo que não é reaproveitado? E qual é a quantidade em metros cúbicos? Esse descarte vai para onde?

Questão 10 – Qual é o valor da energia gasta em toda a usina?

Questão 11 – Após a estocagem do agregado final, para onde é levado esse produto?

Questão 12 – Qual o valor de água utilizado em toda a usina?

Questão 13 – Tirando a triagem, existem outra fase do processo em que há o descarte de material? Se sim, quanto é descartado?

Questão 14 – O que acontece com todo o papelão? Qual máquina é utilizada para a sua prensa?