

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROBSON AUGUSTO CELLI

ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE
PRODUÇÃO ENXUTA E GESTÃO AMBIENTAL: APLICAÇÃO EM UM CASO
PRÁTICO

CURITIBA

2018

ROBSON AUGUSTO CELLI

ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE
PRODUÇÃO ENXUTA E GESTÃO AMBIENTAL: APLICAÇÃO EM UM CASO
PRÁTICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Área de concentração em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Risso Errera

CURITIBA

2018

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

C393a

Celli, Robson Augusto

Análise da integração das metodologias de mapeamento de produção enxuta e gestão ambiental: aplicação em um caso prático / Robson Augusto Celli. – Curitiba, 2018.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2018.

Orientador: Marcelo Risso Errera .

1. Gestão ambiental. 2. Produção enxuta. 3. Fluxo de trabalho. 4. Fluxogramas. I. Universidade Federal do Paraná. II. Errera, Marcelo Risso. III. Título.

CDD: 363.7

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
AMBIENTAL

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ROBSON AUGUSTO CELLI** intitulada: **ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE PRODUÇÃO ENXUTA E GESTÃO AMBIENTAL: APLICAÇÃO EM UM CASO PRÁTICO**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 16 de Maio de 2018.


MARCELO RIBSO ERRERA

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


LEANDRO WIEMES

Avaliador Externo (IEL)


EDUARDO FELGA GOBBI

Avaliador Externo (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, Francielle e Alice, pelo apoio dado nestes dois anos intensos de estudos e pesquisas em um período de crise no mercado de trabalho, em que acreditaram em um sonho que estava *stand by* desde 1995.

Ainda, ao meu orientador, Prof. Marcelo Risso Errera, por ter aceito o desafio e confiado na minha ideia de pesquisa, onde o seu *coaching* e profissionalismo fez toda a diferença no resultado final.

Também importante destacar a coorientação do Prof. Marcell Mariano Correa Maceno, que de forma assertiva me direcionou no campo de aplicação da análise do ciclo de vida.

Aos membros da banca de avaliação, em especial o Prof. Eduardo Gobbi e a Prof. Ana Flavia Locateli Godoi, que construtivamente pontuaram itens de incremento para o sucesso final da presente dissertação.

Por fim, agradecer ao Prof. Leandro Wiemes, que além de compor a banca de avaliação, também oportunizou a aplicação prática necessária ao estudo.

RESUMO

A globalização mudou a visão dos consumidores e também das indústrias, no que tange a qualidade dos produtos, a competitividade e o atendimento às legislações. Neste contexto, o setor industrial busca constantemente se aperfeiçoar para manter-se no mercado e atender as demandas governamentais. O presente trabalho se pautou na obtenção de uma visão diferenciada do alinhamento de duas ferramentas que são utilizadas em separado nos seus campos específicos da engenharia, uma vez que a unificação de diferentes aplicações envolvendo campos diversos já é uma realidade. O foco principal foi identificar através de uma aplicação prática, que englobasse tanto aspectos industriais ligados a redução de custo, quanto os ligados ao meio ambiente, para que se pudesse obter uma visão aderente aos propósitos da pesquisa. Sendo assim, oportunizou-se a aplicação do mapeamento de fluxo e valor (VSM) e da análise do ciclo de vida (ACV), em que pese o primeiro proveniente da engenharia de produção e o segundo da engenharia ambiental, em uma indústria do setor automobilístico, conferindo assim uma análise prática da possibilidade de integração e aplicação conjunta das ferramentas apresentadas.

Palavras-chave: Produção enxuta. Gestão ambiental. Mapeamento de fluxo e valor. Análise do ciclo de vida. VSM. ACV. Integração de ferramentas.

ABSTRACT

Globalization has changed the vision of consumers and also industries, as regards product quality, competitiveness and compliance with legislation. In this context, the industrial sector constantly seeks to improve itself to keep in the market and to meet government demands. The present work is marked in obtaining a differentiated vision of the alignment of two tools that are used separately in their specific fields of engineering, since the unification of different applications involving various fields is already a reality. The main focus was to identify through a practical application that encompassed both industrial aspects related to cost reduction and the environmental ones, so that we could obtain a vision adhering to the purposes of the research. Thus, the application of the value stream map (VSM) and the life cycle analysis (LCA), in which it weighs the first coming from the production engineering and the second of environmental engineering, in an automobile industry, conferring opportunity thus a practical analysis of the possibility of integration and joint application of the tools presented.

Keywords: Lean production. Environmental management. Value stream map. Life cycle analysis. VSM. LCA. Tool integration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: DESEQUILÍBRO MEIO AMBIENTE E REDUÇÃO DE CUSTOS.....	16
Figura 2: FERRAMENTAS DO STP.....	20
Figura 3: EXEMPLO DE MAPEAMENTO DE FLUXO E VALOR.....	26
Figura 4: FASES DO VSM.....	27
Figura 5: ESQUEMA DOS FLUXOS DE ENTRADAS E SAÍDAS DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DE CARROCERIAS.....	34
Figura 6: FASES DO ACV.....	36
Figura 7: ANÁLISE SWOT NATURAL.....	38
Figura 8: ANÁLISE SWOT EMPARELHADA.....	39
Figura 9: ANÁLISE SWOT NATURAL VSM.....	55
Figura 10: ANÁLISE SWOT NATURAL ACV.....	63
Figura 11: MATRIZ SWOT EMPARELHADA DA ACV E DO VSM.....	67
Figura 12: PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO VSM E ACV.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: RESÍDUOS DA FASE DE DESENGRAXE E SEU TRATAMENTO.....	45
Tabela 2: TEMPO DE PERMANÊNCIA NAS FASES DO TTS.....	51
Tabela 3: ANÁLISES REALIZADAS NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE.....	51
Tabela 4: DEFINIÇÃO DOS TERMOS LIGADOS AO ACV INERENTES AO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE.....	57
Tabela 5: MATÉRIAS PRIMAS (% MASSA/VOLUME) COM BASE EM REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	58
Tabela 6: VOLUMES DE MATÉRIA PRIMA EMPREGADOS.....	58
Tabela 7: MATÉRIAS PRIMAS EM MASSA.....	59
Tabela 8: CATEGORIA DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR PROCESSO.....	62
Tabela 9: FASES DO VSM E ACV.....	63
Tabela 10: PONTOS EM COMUM ENTRE A ACV E VSM.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: DEFINIÇÃO DE TERMOS DO VSM.....	22
Quadro 2: ÍCONES APLICADOS A METODOLOGIA VSM.....	23
Quadro 3: OS 7 PRINCÍPIOS DE DESPERDÍCIOS.....	24
Quadro 4: PRINCÍPIOS APLICADOS AO ACV.....	31
Quadro 5: DEFINIÇÃO DE TERMOS APLICADOS NO ACV.....	32
Quadro 6: PLANO DE AÇÃO VSM.....	54

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1: MAPA MENTAL DO PROJETO.....	40
Fluxograma 2: FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE.....	47
Fluxograma 3: VSM DO BALANÇO DE MATERIAIS.....	52
Fluxograma 4: VSM DOS VALORES AGREGADOS E NÃO AGREGADOS.....	53
Fluxograma 5: VSM DO ESTADO FUTURO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE.....	54
Fluxograma 6: INVENTÁRIO DO ACV.....	57
Fluxograma 7: DETALHAMENTO DESENGRAXE.....	61
Fluxograma 8: DETALHAMENTO FOSFATIZAÇÃO.....	61
Fluxograma 9: MAPEAMENTO METODOLOGIA INTEGRADA.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: AVALIAÇÃO DE IMPACTO NAS FASES DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE.....	59
Gráfico 2: IMPACTO DA ÁGUA EM CADA FASE.....	60

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ACV	- Avaliação do ciclo de vida
EPA	- Agência de proteção ambiental americana
ISO	- Organização internacional de padronização
JIT	- <i>Just in time</i>
KAIZEN	- Melhoria contínua
KANBAN	- Método de abastecimento de materiais
NVA	- Valor não agregado
OEE	- Gerenciamento da efetividade de equipamentos
PDCA	- Método de melhoria em ciclos contínuos
POKA-YOKE	- Sistema que evita o erro humano
STP	- Sistema Toyota de produção
SGA	- Sistema de gestão ambiental
SimaPro	- Software de gestão ambiental
SWOT	- Matriz de análise
TBL	- <i>Triple bottom line</i>
Tcy	- Tempo de ciclo
TPM	- Manutenção preventiva total
TQM	- <i>Total quality management</i>
VA	- Valor agregado
VSM	- Mapeamento de fluxo e valor
5S	- Ferramenta de melhoria pautada em cinco sentidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
	1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	17
	1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
	2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA.....	19
	2.1.1 Mapeamento de fluxo e valor.....	21
	2.2 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	28
	2.2.1 Avaliação do ciclo de vida.....	30
	2.3 MATRIZ DE ANÁLISE.....	36
	2.3.1 Matriz de análise SWOT.....	37
	2.3.1.1 Vulnerabilidade.....	39
3	MATERIAS E MÉTODOS.....	40
	3.1 MAPEAMENTO DE FLUXO E VALOR.....	41
	3.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	42
	3.3 MATRIZ DE ANÁLISE SWOT.....	43
	3.4 ESTUDO DE CASO.....	43
	3.5 INTEGRAÇÃO ENTRE VSM E ACV.....	48
4	ANÁLISES E RESULTADOS.....	50
	4.1 APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO E VALOR.....	50
	4.1.1 Análise SWOT natural do mapeamento de fluxo e valor.....	55
	4.2 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	56
	4.2.1 Análise SWOT natural da avaliação do ciclo de vida.....	62
	4.3 ANÁLISE DE INTEGRAÇÃO ENTRE VSM E ACV.....	63
	4.3.1 SWOT emparelhada entre VSM e ACV.....	65
	4.4 MODO INTEGRADO.....	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE 1.....	80
	APÊNDICE 2.....	86
	APÊNDICE 3.....	91

1 INTRODUÇÃO

Verifica-se que o século XX, na sua segunda metade, foi marcado por uma série de reuniões, convenções, programas e protocolos, de âmbito internacional e nacional, focados ao estabelecimento de políticas reparadoras e de preservação para o meio ambiente (MARTINEZ, 2002).

Este cenário mundial de preocupações e tentativas de uma gestão mundial dos problemas ambientais e as iniciativas localizadas nacionalmente impulsionaram o ingresso das temáticas do meio ambiente nas universidades, com a criação de centros e núcleos de pesquisa, de disciplinas e programas de cursos de especialização e pós-graduação (MARTINEZ, 2002).

Especificamente no Brasil, na esfera estatal e de governo, ocorreram a criação e reestruturação de órgãos da administração pública dedicados ao planejamento, fiscalização e preservação a partir da década de 1970 (MARTINEZ, 2002).

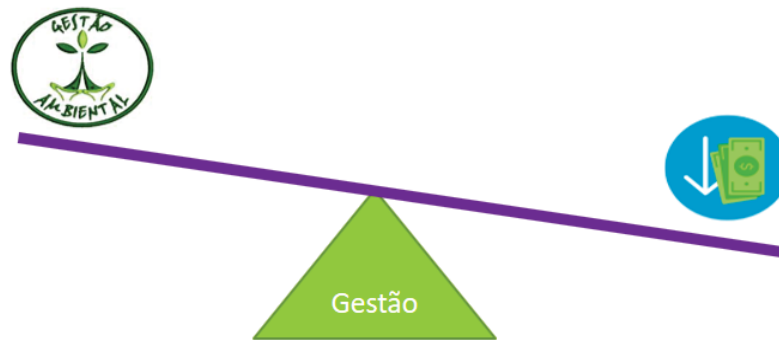
Em 1988, a Constituição brasileira, consagrou todo um capítulo ao meio ambiente e tornou-se uma exigência legal e obrigatória na implementação de projetos econômicos e de infraestrutura, públicos e privados a elaboração e aprovação dos relatórios de impactos ambientais (CONSTITUIÇÃO FEDERAL DO BRASIL, 1988).

Sendo assim, as legislações ambientais ficaram cada vez mais exigentes e demandaram de todos os setores maiores investimentos para se manter dentro dos parâmetros legais (ZENG et al., 2008).

Assim, essa questão do desenvolvimento econômico acelerado e as recentes transformações no meio ambiente, inerentes a este processo, fizeram com que surgisse na sociedade uma maior preocupação ambiental (VINODH et al., 2016).

Contudo, a área industrial que é o objeto do estudo, por ser uma das forças do desenvolvimento econômico de um país (ZENG et al., 2008) e serem muito criticadas pelo potencial de danos ambientais que são capazes de causar (ZENG et al., 2008), devido à redução de custos ser fator determinante para a sobrevivência das empresas e em alguns casos não se ter o equilíbrio entre redução de custos e a proteção do meio ambiente (VINODH et al., 2016), conforme figura 1:

FIGURA 1: DESEQUILÍBRO MEIO AMBIENTE E REDUÇÃO DE CUSTOS



FONTE: O próprio autor (2018)

Neste contexto, equacionar as questões econômicas e ambientais dentro das empresas, organizando uma abordagem própria aos padrões e condições de trabalho, interesses e necessidades compatíveis com a realidade, se tornou o desafio da atualidade (VINODH et al., 2016).

Para o enfrentamento destas questões, algumas estratégias já são adotadas pelas empresas, e dentre estas se destacam a implantação do sistema de produção enxuta e a implantação do sistema de gestão ambiental.

Através da aplicação do sistema de produção enxuta (MAIA, 2010) e o sistema de gestão ambiental (FINKBEINER, 2013), as empresas procuram se adequar as questões de competitividade e legalidade.

Entretanto, as ferramentas tradicionais de produção enxuta focam na redução de custos, mas não necessariamente geram melhorias ambientais (VINODH et al., 2015).

Já as ferramentas ambientais proporcionam uma visão de sustentabilidade ambiental e não necessariamente tratam dos pontos que o sistema enxuto trata (EPA, 2003).

Portanto, a lacuna existente na aplicação isolada destas ferramentas é não visualizarem conjuntamente as questões econômicas e ambientais, pelo fato daquelas tratarem de eixos específicos (VINODH et al., 2016).

Neste contexto é que alguns autores apresentaram tentativas de aplicação integrada entre ferramentas de produção enxuta e ambientais (VINODH et al., 2016; MARUTHI et al., 2015; AGUADO et al., 2013; VINODH et al., 2010), apesar da maioria dos pesquisadores ainda fazerem avaliações sem a mencionada integração (GONZALES 2014), devido à dificuldade da implantação simultânea de projetos enxutos e ambientais (AGUADO et al., 2013).

O que se observa, na maioria dos trabalhos que se utilizaram de duas ferramentas distintas, é a falta de uma integração das técnicas e a demonstração dos ganhos da aplicação conjunta.

Como afirma Vinodh et al (2016) é necessário testar em diversos processos a aplicação conjunta das ferramentas para uma melhor validação, uma vez que este autor foi um dos poucos que desenvolveu uma aplicação mais ampla.

Sendo assim, são fundamentais as discussões frente a análise, avaliação e integração destas ferramentas.

Portanto, necessário uma mudança de foco nas aplicações de diferentes ferramentas, pois a globalização mudou a visão do mundo quanto ao valor de produto (AGUADO et al., 2013) e as otimizações, não importando onde ocorram, auxiliam na obtenção de uma maior competitividade (WOMACK et al., 2003).

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

Considerando a relevância da integração das ferramentas enxutas e ambientais e as contribuições realizadas até o momento, esta pesquisa estabeleceu os objetivos que seguem:

- objetivo geral:
 - a) estabelecer um modo de integração entre as ferramentas de produção enxuta e de gestão ambiental e suas respectivas repercussões.
- objetivos específicos:
 - a) aplicar a ferramenta de produção enxuta selecionada no estudo de caso;
 - b) aplicar a ferramenta de gestão ambiental selecionada no estudo de caso;
 - c) analisar através de uma matriz específica as vantagens e desvantagens da ferramenta de produção enxuta aplicada ao estudo de caso;
 - d) analisar através de uma matriz específica as vantagens e desvantagens da ferramenta de gestão ambiental aplicada ao estudo de caso;
 - e) identificar os pontos de integração entre as ferramentas utilizadas;
 - f) apresentar o modo integrado das metodologias.

Para tanto, a questão de pesquisa delimitada foi: Quais são as sinergias possíveis para a integração de ferramentas distintas de análise de processo e a possibilidade da construção de um modo integrado?

1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

A dissertação está estruturada em seis capítulos, além deste introdutório, onde se apresentou o cenário geral das questões ambientais e econômicas das empresas, além da visão dos objetivos delineadores do trabalho.

No segundo capítulo, expõem-se a revisão bibliográfica que aborda o estudo de caso, os aspectos gerais da produção enxuta, do sistema de gestão ambiental e a definição das ferramentas a serem aplicadas.

Em seguida, no terceiro capítulo, nos materiais e métodos, são apresentados com mais detalhes as ferramentas definidas no capítulo anterior.

Já, no quarto capítulo são descritas as análises e resultados obtidos com a apresentação da aplicação prática da ferramenta enxuta e ambiental escolhida.

No quinto capítulo é apresentado o método de integração das ferramentas e finalmente no sexto capítulo as considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item serão abordados os pontos mais relevantes da atualidade quanto ao sistema de produção enxuta, ao sistema de gestão ambiental e ainda será exposto a formatação da matriz de análise escolhida e o processo que foi aplicado o projeto.

2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

O sistema de produção enxuta se espalhou globalmente nas décadas de 1980 e 1990 com o desenvolvimento da montadora japonesa Toyota, onde o foco estava na redução de desperdícios da cadeia produtiva (BOTTEI et al., 2017).

Nestas décadas a Toyota chamou a atenção do mundo automobilístico com carros muito melhores em relação aos americanos, não só pela beleza, mas também pela eficiência do seu motor, baixa necessidade de manutenção, confiabilidade e custo competitivo excelente (DOMINGO et al., 2007).

O segredo da descoberta feita pela Toyota foi perceber que reduzindo o tempo de produção e se concentrando em linhas flexíveis ela conseguiria uma melhor qualidade, melhor resposta ao cliente, melhor produtividade, melhor utilização dos equipamentos e do espaço (DOMINGO et al., 2007).

Com isso a Toyota conseguiu produzir diversos veículos ao mesmo tempo, e as concorrentes, ainda com a produção em massa, não conseguiam.

Neste contexto surge então o Sistema Toyota de Produção (STP) que também pode ser chamado de sistema de manufatura enxuta e como bem exposto por James Womack e Daniel Jones (2010), enxuto é definir o valor do cliente, definir o fluxo de valor, fazê-lo fluir, puxar a partir do cliente e lutar pela excelência.

Assim, para que uma produção seja considerada como enxuta é preciso fazer com que o produto flua através dos processos ininterruptos de agregar valor, um sistema puxado que parta da demanda do cliente, reabastecendo somente o que a operação seguinte for consumir em curtos intervalos de tempo e uma cultura em que todos lutam continuamente para a melhoria (LIKER, 2005).

O sistema de produção enxuta é aplicado em uma diversidade de indústrias com enfoques diversos, porém com o intuito final de redução de custos, como se observa nos seguintes estudos:

- a) Gupta et al (2018) melhorou a qualidade dos produtos e reduziu os desperdícios de uma fábrica de pneus e por fim o custo do produto final;
- b) Botti et al (2017) trabalhou com a melhoria ergonômica em postos de trabalho, porém o resultado final foi medido na redução do absenteísmo dos funcionários que por consequência evitou gastos financeiros;
- c) Wideasih et al (2015) levantou os potenciais riscos de implementação do sistema enxuto para que não houvesse perdas econômicas.

Assim, produção enxuta em sua filosofia defende a eliminação dos desperdícios, reduzindo o excesso da capacidade ou estoque e removendo atividades que não agregam valor (MAIA, 2010) ou ainda para Chase, Jacobs e Aquilano (2006) a filosofia aborda a seguinte tríade: combate aos desperdícios, definição dos problemas de processo e alcance da produção otimizada, ou seja, é um sistema focado primordialmente na redução de custos (BOTTI et al., 2017).

Outro ponto de destaque no STP são as diversas ferramentas e métricas desenvolvidas para o alcance das melhorias de qualidade, custo e entrega, conforme exposto na figura 2:



FONTE: Womack et Jones (2010)

Devido a diversidade de ferramentas, pode-se destacar alguns trabalhos:

- a) Vinodh et al (2016) utilizou-se da dinâmica do Kaizen para efetivar as melhorias necessárias;
- b) Domingo et al (2015) inseriu o gerenciamento da efetividade dos equipamentos (OEE) para alcançar os resultados esperados;
- c) Chiarini (2014) aplicou a manutenção produtiva total (TPM) para eliminar e reduzir impactos na cadeia produtiva.

Contudo, estes pontos necessitam de uma metodologia para serem mapeados, medidos e avaliados, conforme descreve-se a seguir.

2.1.1 Mapeamento de fluxo e valor

Dentre as diversas ferramentas utilizadas no sistema de produção enxuta para atingir seus objetivos, destaca-se o mapeamento de fluxo e valor (GHINATO et al., 1996; ROTHER et al., 2003; ANDRADE et al., 2016). Conforme Marchwinski e Shook (2003), é uma das ferramentas mais utilizadas do sistema de produção enxuta.

Sendo assim, o mapeamento de fluxo e valor, *value stream map* ou simplesmente VSM é um caminho para encontrar desperdícios em processos (ANDRADE et al. 2016) e como bem esclarecido por Rother et al (2003), é uma ferramenta de fácil entendimento que permite simultaneamente a representação dos fluxos de informações e materiais.

Além disso, o VSM é uma ferramenta conhecida como um método primário e amigável na aplicação dos princípios de manufatura enxuta, que identifica as oportunidades para melhorar os processos internos de uma empresa (ROTHER et al, 2003).

Para Gonçalves et al., (2003), esta ferramenta visa agregar conceitos e técnicas ao invés de se implantarem alguns processos isolados de melhoria, sem qualquer coordenação entre si.

Sendo assim, a aplicação do VSM promove com que a organização pense e reveja seus processos de tempos em tempos, revendo seus fluxos, tecnologias, materiais, pessoas e demais recursos, com o intuito de obter a melhoria contínua.

A metodologia se baseia na construção de um mapeamento de fluxo e valor do processo a ser analisado (TABANLI et al. 2013; ANDRADE et al., 2016), ou seja, reflete a realidade do processo em análise.

Este mapeamento, conforme Liker (2005), é um mapa que captura o fluxo de materiais e informações que auxiliam a identificar perdas no sistema e Tabanli et al (2013) ressaltam que o método mostra a presente condição do fluxo e valor.

Já o mapeamento futuro auxilia em um teste de hipóteses para avaliar as possibilidades e os cenários antes da modificação do sistema (ANDRADE et al., 2016), pois o método de mapear o estado futuro, traz uma enorme vantagem na

visualização das mudanças que trazem custos e pode-se antecipar problemas ou até mesmo crescer novas melhorias.

Neste entendimento surgem termos e definições importantes a serem conhecidos, conforme se vê no quadro 1:

QUADRO 1 – DEFINIÇÃO DE TERMOS DO VSM

Termo	Definição
<i>Takt Time</i>	É usado para sincronizar o ritmo da produção com a demanda dos clientes. Trata-se de um número de referência que dá a noção do ritmo em que cada processo deve estar produzindo para atender à demanda do cliente sem que gere um excesso de produção.
Fluxo Contínuo	Significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte.
<i>Lead Time</i>	É o tempo decorrido entre o pedido do cliente à entrega do pedido ao cliente, passando pela manufatura dos bens.
VA	Todo elemento do processo ou produto que é indispensável para que se produza o que foi demandado ou seja: tudo aquilo que agrega valor ao sistema como um todo.
NVA	Todo elemento do processo ou produto que não agrega valor e seria dispensável em uma visão otimizada.

FONTE: Liker (2005)

Ainda, conforme LASA et al.(2008), a técnica do VSM passa pelas seguintes etapas:

1º Etapa: Definição do processo a ser mapeado

A escolha do produto ou processo a ser aplicado o VSM se pauta por alguns pontos:

- Custo gerado para a empresa (TABANLI et al., 2013);
- Expectativa do cliente (ANDRADE et al., 2016);
- Necessidade de reorganização de processo (LASA et al.,2008): novos projetos, deficiência de espaço, novas tecnologias, aumento ou redução de demanda, alteração legal, etc.

2º Etapa: Mapeamento do estado atual

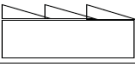
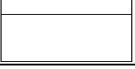


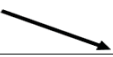


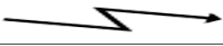
Em termos práticos, o mapeamento do estado atual consiste em criar representações gráficas dos processos, fluxos de materiais e informações a partir de símbolos capazes de identificar situações específicas (ALVANDI et al, 2016).

Womack et al., (2003) mencionam que o mapeamento do VSM inclui também os fluxos de informação, sejam eles em formato eletrônico, físico ou verbal e que são tão importantes como os demais.

Sendo assim, o VSM se reflete em uma mapa do processo e auxilia as equipes multidisciplinares na coleta de dados e no entendimento da situação real.

Esta formatação, tem o intuito de se ter uma linguagem própria e nivelada para todos os interlocutores que participam dos projetos de melhoria através da aplicação do VSM (LASA et al., 2008) e é representada por ícones, conforme demonstrado no quadro 2:

QUADRO 2 – ÍCONES APLICADOS A METODOLOGIA VSM

Ícone	Representa
	Cliente - fim do processo Fornecedor - início do processo
	O processo através dos quais os materiais fluem
	Material sendo empurrado de um processo para outro
	Departamento de controle
	Fluxo de informações por relatórios ou outras notas
	Operadores ou técnicos que trabalham na área
	Valores que agregam valor (VA) e valores que não agregam valor no processo (NVA)
	Representa informação enviada eletronicamente

FONTE: Lasa et al. (2008)

3º Etapa: Levantamento dos valores agregados e não agregados

Uma das características desta etapa, é conseguir visualizar e separar os elementos que agregam valor (VA) dos que não agregam valor (NVA), (VINODH et al, 2016).

Entretanto, ressalta Tabanlı et al.,(2013) e Andrade et al.,(2016), que existem valores não agregados (NVA) inevitáveis aos processos, cujos quais não podem ser suprimidos.

Alguns princípios são utilizados e auxiliam na visualização e conseqüente eliminação de desperdícios e elementos desnecessários (ALVANDI, 2016), com a ideia básica de produzir apenas o necessário, no momento correto e na quantidade requerida (OHNO, 1997), conforme quadro 3:

QUADRO 3 – OS 7 PRINCÍPIOS DE DESPERDÍCIOS

Princípio	Exemplificando
Espera	O tempo de espera pode ser de funcionários aguardando pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior, linhas de produção parada esperando por peças, máquinas paradas esperando troca de matéria prima ou esperando por reparos.
Defeito	Ocorre por falhas no processo, na operação do processo e matérias-primas, sendo assim, se tem duas opções a peça é descartada ou ela é retrabalhada, o que aumenta o seu custo de produção.
Transporte	Resultam na movimentação de materiais mais que o necessário. As equipes de trabalho e as equipes de suporte devem estar próximas uma das outras. Para que sejam evitados deslocamentos desnecessários, gerando desperdícios de tempo e aumento no custo de transporte.
Movimentação	E o excesso de movimento usados para realizar uma operação, e geralmente ocasionado por layouts mal elaborados, obstáculos no caminho que fazem com que o operador tenha que se desviar para chegar ao seu destino.
Estoque	Este desperdício está ligado ao excesso de matérias primas, o que atinge diretamente o capital da empresa fazendo que ela fique com alto nível de estoque, ou seja, “dinheiro parado”. Muitas vezes isso ocorre porque os fornecedores não conseguem entregar no prazo acordado, ou o sistema de estoque da empresa não corresponde com o que realmente se tem armazenado nesta empresa.
Superprodução	É o maior desperdício das empresas, também considerado como a fonte de todos os outros desperdícios. Como o próprio nome já diz, você produz além do necessário naquele momento, o que acarreta no uso de matérias-primas, mão-de-obra e transporte desnecessário gerando um excesso de estoque, isso ocorre geralmente por falta de coordenação entre demanda e produção, instruções pouco claras dos processos.
Superprocessamento	São os processamentos que ocorrem dentro da fábrica porem são desnecessários para o bom desempenho da mesma. Máquinas e equipamentos são utilizados de maneira inadequada nas operações. Esforços redundantes não agregam valor ao produto ou serviço.

FONTE: Ohno (1997)

O foco está alinhado a redução de tempo de processo e para o atingimento deste objetivo o VSM é aplicado para auxiliar na análise do fluxo de informação, tempo de entrega, pessoas, estoque, fluxo de materiais e o impacto de cada um durante o processo de produção (ANDRADE et al. 2016).

Para a análise de tempo é necessário observar o mapa de forma estática, segundo Andrade et al (2016).

Assim, uma forma de identificar um valor agregado e um valor não agregado é observar as atividades principais que efetivamente transformam ou não o produto naquilo que o cliente está disposto a pagar (ANDRADE et al. 2016).

Sendo assim, importante seguir os 7 princípios de desperdícios na identificação dos valores agregados e não agregados (TABANLI et al., 2013).

O valor agregado é calculado em porcentagem, através de dois fatores:

- a) tempo de processo (T), que é igual à soma dos tempos de cada operação que compõem o sistema;
- b) *lead time* (L), que é igual a soma do tempo de processo com os tempos dos estoques intermediários.

Assim o percentual de valor agregado (%VA) é a divisão entre o tempo de processo e o valor do *Lead Time* (ANDRADE et al.,2016), multiplicado por 100,

$$\%VA = \frac{T}{L} \times 100 \quad (1)$$

e o percentual de valor não agregado é

$$\%NVA = \%VA - 100 \quad (2)$$

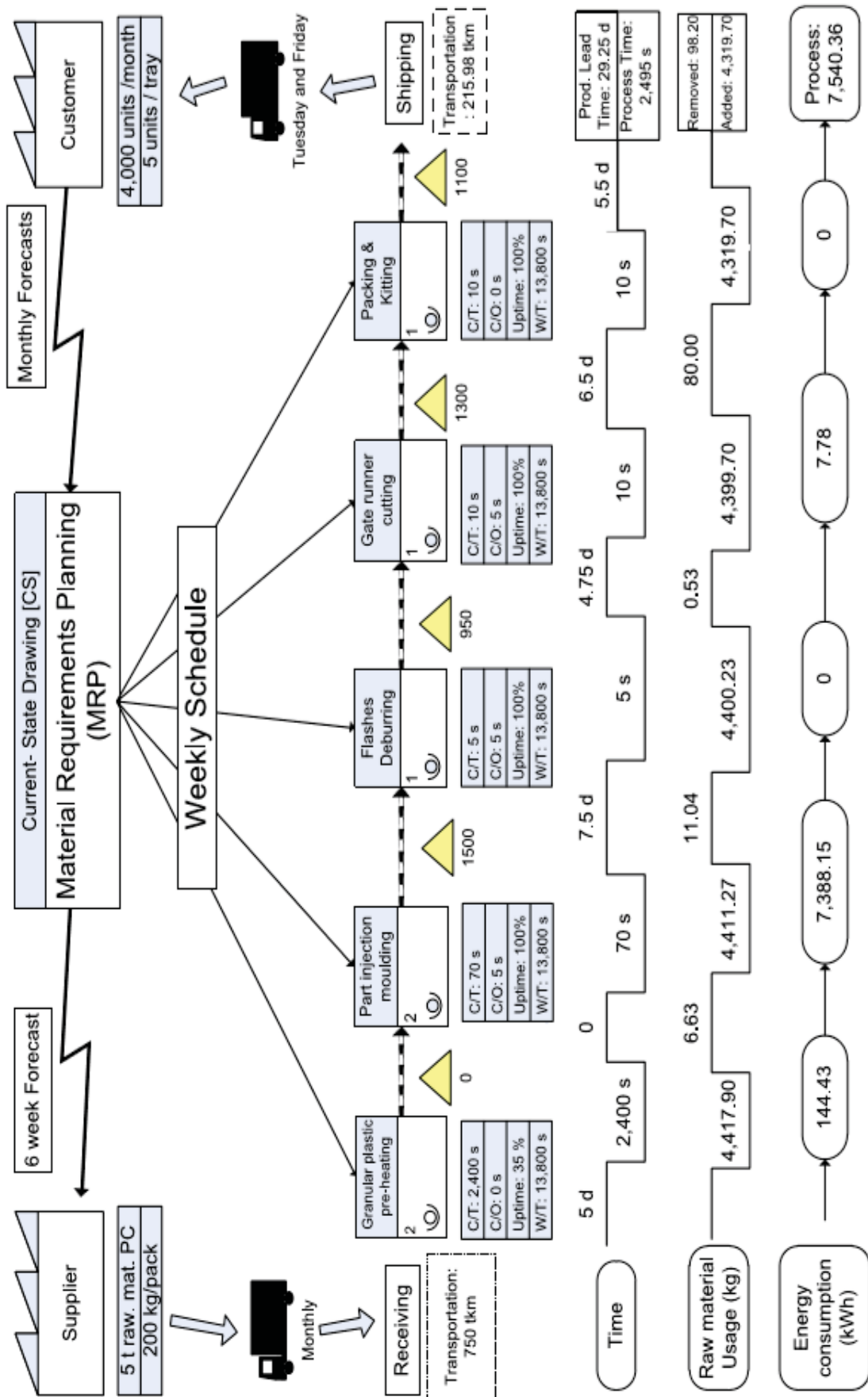
4º Etapa: Simulação do estado futuro

A aplicação da última fase da técnica permite uma melhor gestão, incluindo as melhores práticas para reduzir e eliminar resíduos (CHIARINI, 2014), selecionar produtos e criar um futuro melhor e mais próximo do ideal para a organização com base nos princípios expostos na 3º etapa.

Segundo Womack et al., (2003), o VSM permite identificar práticas que não trazem os melhores resultados e com base em uma situação real que é traçada na 3º etapa, propor uma visão futura construída em um planejamento de ações de melhorias.

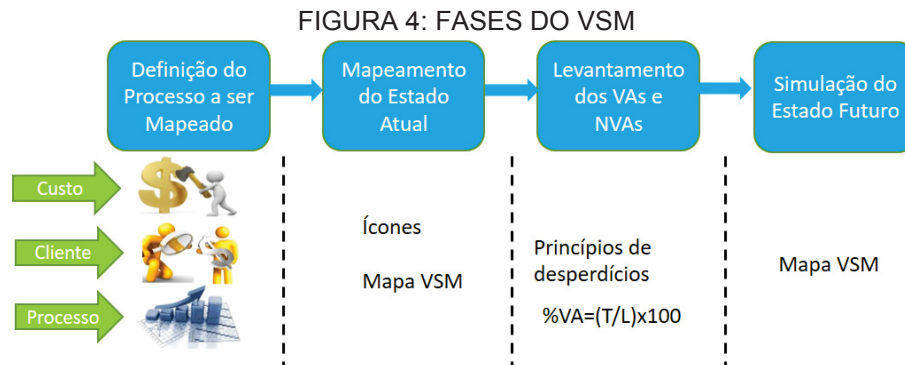
Sendo assim, constrói-se um estado futuro através de um novo mapeamento de processo, com base nas ideias de melhoria e oportunidades identificadas (CHEUNG et al., 2017) onde se tem o comparativo da situação real frente a situação futura, conforme exemplo de mapeamento apresentado na figura 3:

FIGURA 3 – EXEMPLO DE MAPEAMENTO DE FLUXO E VALOR



FONTE: Cheung et al (2017)

Resumidamente pode-se apresentar as fases do VSM conforme figura 4:



FONTE: Alvandi (2016), adaptado pelo autor (2018)

Apesar do surgimento na indústria automotiva, o VSM é aplicado em uma grande diversidade de indústrias, tais como: fluxos de sinal eletrônico (TABANLI, 2013), engenharia de software (KASOJU et al., 2013), aços pré-fabricados (HERAVI et al., 2017), processamento de tapetes (NAJI et al., 2017), dentre outros, o que demonstra a sua versatilidade e possibilidade de aplicação em diversos ramos e áreas.

Porém, a aplicação do VSM na grande maioria das pesquisas é direcionada para ganhos de produtividade industrial, sem fazer menção à ganhos ambientais, tais como: gestão de tempo de processo (MAIA et al., 2010), aumento de rendimento operacional (SCHWARZ et al., 2011), nivelamento de produção (ANDRADE et al., 2016), etc.

Quando o foco do VSM está alinhado com ganhos ambientais, observa-se:

- a) que os pesquisadores se centralizam no mapeamento dos desperdícios de energia (VERMA et al., 2016), mas não demonstram os ganhos ambientais inerentes a redução energética realizada;
- b) quanto ao mapeamento dos desperdícios de matéria prima (GUPTA et al., 2018), os trabalhos se focam na redução de custos e acabam por ser genéricos no impacto gerado ao meio ambiente;
- c) na vertente social (BOTTI et al., 2017), novamente foca-se nos custos eliminados e não necessariamente na saúde humana.

Portanto, os trabalhos citados acabam por não mensurar adequadamente os ganhos ambientais ocorridos dentro dos processos estudados.

Gonzales et al (2014), ressaltam que as aplicações do VSM, em conjunto com outras ferramentas é pouco explorada e segundo Aguado et al (2013), isto se deve a

dificuldade da implantação conjunta de ferramentas que em sua essência são diferentes.

Entretanto, alguns pesquisadores já apontaram as ferramentas do sistema de produção enxuta, visando uma melhor aplicação para ganhos ambientais (MARUTHI et al., 2015).

Dentre os trabalhos de aplicação do VSM e uma melhor mensuração dos aspectos ambientais, está em destaque Vinodh et al (2016), que aplicou o VSM com ênfase no *triple bottom line* (TBL) que confere três dimensões de análise, quais sejam: social, econômico e ambiental.

Porém, a integração das ferramentas ainda não se dá de forma facilitada e conforme afirma Finkbeiner et al (2010), necessário que englobem não só as questões de produtividade, mas também as ambientais.

Sendo assim, quanto as ambientais, destaca-se o sistema de gestão ambiental.

2.2 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

O sistema de gestão ambiental (SGA) é uma estrutura organizacional que permite à empresa avaliar e controlar os impactos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços e se utiliza de premissas para que se gerencie as questões ligadas ao meio ambiente (ISO 14000, 2006).

Neste sentido a padronização ISO, que é uma organização não governamental localizada em Genebra na Suíça e de larga utilização mundial, veio auxiliar o SGA, pois contém as premissas inerentes ao sistema (PRAJOGO et al. 2012).

Estas premissas, conforme exposto pela ISO 14000 (2006) se pautam em:

- a) políticas internas da empresa;
- b) legislação;
- c) métodos e ferramentas de auxílio;
- d) responsabilidade ambiental.

O propósito da família ISO 14000 é a integração das melhores práticas de gerenciamento ambiental dentro das empresas (BALL, 2002) e para que estas práticas se concretizem, existem setores e pessoas dedicadas ao sistema de gestão ambiental.

Porém, conforme exemplificado por Ball (2002) e definido na norma ISO 14001, ainda necessário são:

- a) comprometimento da alta direção;
- b) criação de um comitê de gestão ambiental;
- c) definição do escopo;
- d) revisão dos processos;
- e) manter uma correta documentação, etc.

Dentro da série de normas ISO 14000, o foco principal das empresas está na norma ISO 14001, devido ser a especificação e o guia para o sistema de gerenciamento ambiental (BALL, 2002), além da mesma ser a mais visada quanto a busca pela certificação.

Porém, alguns estudos não demonstram relação direta de ganho ambiental com a certificação ISO 14001 (BARLA, 2007; GOMEZ et al 2011, citado por PRAJOGO et al 2012), pois o interesse principal com a certificação, ainda é ligado as seguintes melhorias: de eficiência e controle no processo, de competitividade frente a concorrência e na redução de custos (PRAJOGO et al., 2012).

A própria agência de proteção ambiental americana (EPA) revela que suas regras também não são garantias de sucesso na proteção de riscos ambientais, mas servem para alertar e engajar o setor industrial para a minimização dos potenciais riscos existentes, uma vez que este setor se utiliza do poder de barganha da geração de empregos e capital em detrimento das questões ambientais e sociais (ROSENTHAL et al., 1998).

Neste entendimento é que Rosenthal et al (1998) estabeleceu um estudo em conjunto entre a ISO 14000 e as regras constantes na EPA, visando uma complementação de princípios e de regras para um melhor equilíbrio entre as questões econômicas e ambientais, ou seja, fornecer meios para que as partes interessadas - indústria e sociedade – possam adequar as expectativas dentro de um parâmetro de ganho mútuo.

Portanto, é necessário que o setor industrial entenda o impacto ambiental de seus produtos em cada fase do processo de produção (VINODH et al., 2016), entendimento este que não ocorre somente com a aplicação de normas e ferramentas isoladas, tal como observado em Rosenthal et al (1998).

Sendo assim, com o interesse de integração entre ferramentas, se insere as questões atinentes aos princípios e estrutura da avaliação do ciclo de vida que constam na norma ISO 14040 (FINKBEINER, 2013), onde isolada somente traz a visão ambiental, mas se aplicada em conjunto com uma ferramenta de gestão industrial - conforme exposto no item 2.1.1 – complementa-se com o equilíbrio sociedade e economia, citado por Rosenthal et al (1998).

Neste sentido é que a seguir se expõe a ferramenta de avaliação do ciclo de vida (ACV), cuja qual será utilizada na presente dissertação.

2.2.1 Avaliação do ciclo de vida

A avaliação do ciclo de vida ou também chamada de ACV é o instrumento de avaliação ambiental mais generalizado para avaliação de produtos ou serviços (DEL PERO et al., 2017) e foi inicialmente padronizada em 1990 dentro da série de normas ISO 14000, apesar de ser utilizada desde 1960 (HOOGMARTENS et al., 2014).

Avaliação do ciclo de vida é um método para melhor compreender e lidar com os possíveis impactos associados aos produtos, tanto na sua fabricação quanto no consumo (ISO 14040, 2006) e a sua utilidade como metodologia na identificação de aspectos ambientais em processos contínuos dentro da estrutura de gerenciamento ambiental, difere de outras ferramentas de avaliação, pois enquanto estas avaliam somente um aspecto ambiental a ACV engloba energia, material e os desperdícios do início ao fim da cadeia produtiva (HOOGMARTENS et al., 2014).

Destaca-se ainda, que a ACV auxilia na identificação de oportunidades, na melhoria do nível de informação e na seleção de indicadores pelos tomadores de decisão, seja no ambiente empresarial ou na governança pública, além das questões de marketing ligadas a rotulagem ambiental (ISO 14040, 2006).

Segundo Pero et al (2017), a ACV é o mais generalizado instrumento para avaliação de impactos e aspectos ambientais de produtos ou serviços, e ainda, conforme Jijakli et al (2012), é uma avaliação do berço ao túmulo de um impacto ambiental associado com um produto ou sistema, onde esta avaliação abrange todos os estágios do ciclo de vida deste produto ou sistema, incluindo-se a extração da matéria prima, produção, uso e disposição.

Pode-se realizar a ACV por comparação entre processos (HOOGMARTENS et al., 2014) ou em um processo específico (VINODH et al., 2016) e na sua aplicação, deve-se seguir os princípios e as definições norteadoras da ferramenta, conforme exposto no quadro 4 e 5 respectivamente:

QUADRO 4 – PRINCÍPIOS APLICADOS A ACV

Princípio	Orientação
Perspectiva de ciclo de vida	Considera todo ciclo de vida de um produto: extração de matérias primas, produção de energia e materiais, manufatura, uso, tratamento de fim de vida até a disposição final.
Foco ambiental	Enfoca os aspectos e impactos ambientais de um sistema de produto.
Abordagem relativa a unidade funcional	É uma abordagem relativa estruturada em torno de uma unidade funcional. Esta unidade funcional define o que está sendo estudado.
Abordagem iterativa	É uma técnica iterativa, pois as fases individuais do ACV utilizam os resultados das outras fases.
Transparência	Devido a complexidade do ACV, a transparência assegura uma interpretação adequada dos resultados.
Completeza	Considera todos os atributos ou aspectos do ambiente natural, da saúde humana e dos recursos.
Prioridade de abordagem científica	As decisões são embasadas preferencialmente nas ciências naturais, mas não sendo possível pode-se embasar em outras abordagens como econômicas, sociais ou ainda em escolha de valores.

FONTE: ISO 14040 (2006)

QUADRO 5 – DEFINIÇÃO DE TERMOS APLICADOS NA ACV

Termo	Definição
Unidade funcional	Desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência.
Função	Conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam entradas em saídas
Fluxo de referência	Menor elemento considerado na análise de inventário do ciclo de vida para o qual dados de entrada e saída são quantificados.
Fluxo intermediário	Fluxo de produto, material ou energia que ocorre entre os processos.
Fluxo elementar	Material ou energia retirado do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por interferência humana, ou material ou energia que é liberado no meio ambiente pelo sistema em estudo sem sofrer transformação subsequente por interferência humana.

FONTE: ISO 14040 (2006)

Portanto, a profundidade da aplicação depende do fluxo de referência, limites ou fronteiras que são traçadas, pois avalia-se as entradas e saídas do sistema em estudo, ou seja, os estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto (VINODH et al., 2016).

Apesar da possibilidade de estender os fluxos de referência, fronteiras e os limites do sistema para além do produto e processo analisado, o mais comum é definir os fluxos de referência, limites e fronteiras de forma mais restrita, ou seja, não se utilizando de toda a cadeia produtiva do produto ou processo, conforme se observa em Aguado et al (2013), Vinodh et al (2016) e Del Pero et al (2017).

Sendo assim, necessário delimitar o fluxo de referência, sistema (estágios, geografia, tempo, etc.) e suas fronteiras (início e fim) conforme a necessidade do estudo (JIJAKLI et al., 2012).

Destaca-se ainda na aplicação da ACV a ideia de unidade funcional, que é característico da metodologia, sendo assim possível mensurar o desempenho através da utilização de uma unidade de referência e uma definição clara desta unidade funcional é essencial para um objetivo e gerenciável ACV (JIJAKLI et al., 2012).

Importante que a unidade funcional tenha a mesma base de referência e permaneça a mesma durante todo o estudo, assim como foi estudado por Del Pero et al (2017), que se utilizou do peso do veículo como um todo para comparar as emissões

atmosféricas entre diferentes marcas, Jijakli et al (2012) que se utilizou de um consumo fixo de água por pessoa para definir o melhor sistema de dessalinização e Hoogmartens et al (2014) que se utilizou do metro quadrado do vidro para identificar o impacto ambiental gerado por este.

Já a função do produto é relacionada pela unidade funcional, que ao invés de ser uma quantidade física específica, geralmente está ligada as características que se espera do produto no tempo (HOOGMARTENS et al., 2014).

Sendo assim, conforme estudo realizado por Hoogmartens et al (2014) em vidros de janelas, a função do produto seria fornecer luz e isolamento associados a um período de tempo definido.

Ainda, a técnica do ACV, conforme prescreve a ISO 14040 (2006), divide-se em quatro fases: definição de objetivos e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação, conforme segue:

1º Fase: Definição de objetivo e escopo

Depende do objeto e do uso pretendido para o estudo e em alguns casos o objetivo da ACV pode ser alcançado através da realização apenas de uma análise de inventário do ciclo de vida e de uma interpretação que neste caso é chamada de ICV (ISO 14040, 2006).

Conforme trabalhado por Del Pero et al., (2017) pode-se incluir nos objetivos:

- Avaliação da introdução de materiais eficientes em termos de peso;
- Avaliação da otimização e uso de novas tecnologias de manufatura e de processos;
- Avaliação do redesenho e otimização do produto;
- Avaliação do impacto ambiental gerado pelo sistema atual ou futuro.

Ainda, conforme a ISO 14040 (2006), a ACV pode elencar entre seus objetivos a avaliação de risco ambiental, avaliação de desempenho ambiental, auditoria ambiental e avaliação de impacto ambiental.

Nesta fase é que se define a unidade funcional, o fluxo de referência (JIJAKLI et al, 2012), o sistema e os limites do sistema (HOOGMARTENS et al., 2014), conforme definido no quadro 5.

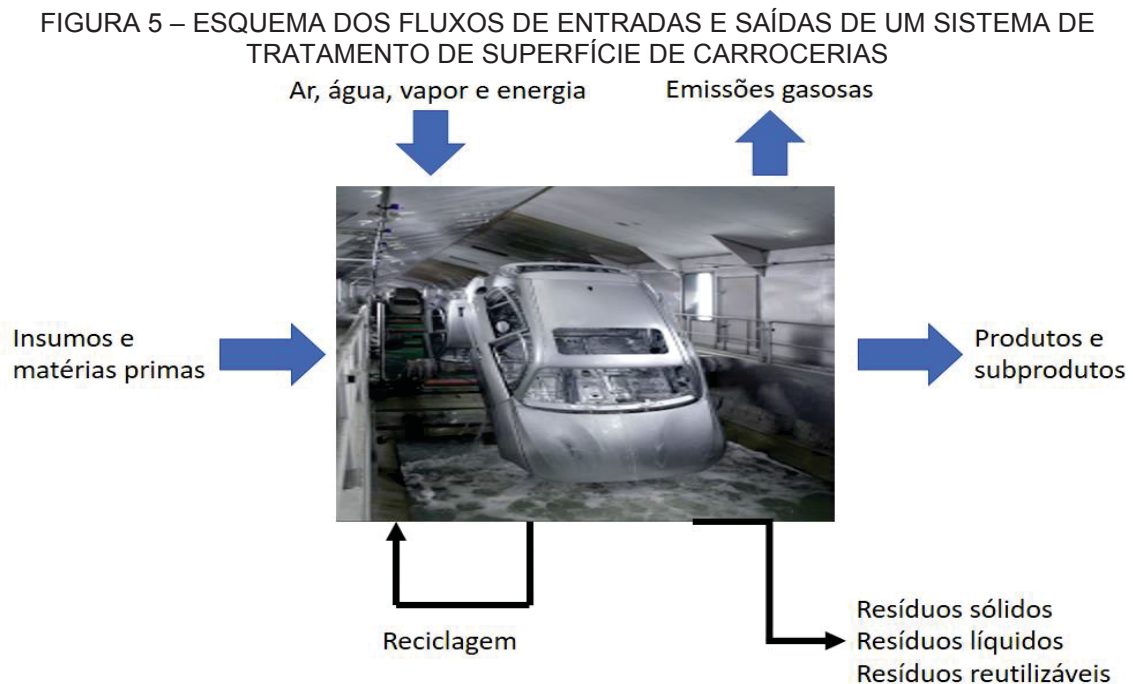
Vinodh et al (2016) reforçam que a eficiência ambiental dos processos de manufatura é medida através de métricas ambientais e que a escolha da mesma está ligada ao tipo e natureza do processo a ser avaliado.

Neste sentido, destaca-se a base IMPACT 2002 +, por quantificar os impactos e ser de reconhecimento na comunidade científica e ainda a base WATER SCARCITY para o consumo de água, conforme aplicações já realizadas (CARVALHO et al., 2014; ANGELAKOGLU et al., 2015).

2º Fase: Análise de inventário

Trata-se de um inventário dos dados de entrada e saída associados ao sistema em estudo onde se identifica e quantifica estes dados (HOOGMARTENS et al., 2014).

Envolve a coleta de dados para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto. Este consiste em um balanço de energia e massa, conforme figura 5, que configura o inventário de ciclo de vida (ICV), cuja análise avalia os efeitos ambientais do sistema (WILLERS et al., 2012).



FONTE: De Bem (2008), adaptado pelo autor (2017)

Os dados inventariados auxiliam na identificação e determinação de problemas significativos (EPA, 2006) que são avaliados na 3º etapa.

3º Fase: Avaliação de impactos

Provém informações adicionais para ajudar na avaliação dos resultados, visando ao melhor entendimento de sua significância ambiental.

Nesta fase as entradas e saídas são categorizadas em diferentes categorias de impacto.

Conforme Hoogmartens et al (2014), estas categorias se dividem em:

- Alterações climáticas;
- Uso da terra;
- Saúde humana;
- Esgotamento de recursos;
- Dano ao ecossistema e a diversidade.

Com esta metodologia se desenvolve uma avaliação mais completa das questões ambientais (FINKBEINER et al., 2010) e para calcular os dados relativos a esta etapa alguns softwares auxiliares podem ser utilizados, tais como o SimaPro (AGUADO et al, 2013).

4º Fase: Interpretação

Com base em gráficos (DEL PERO et al., 2017), softwares (VINODH et al., 2016), fluxos de entrada e saída (YLMAZ et al., 2015), *layout* (AGUADO et al., 2013), etc. os resultados são sumarizados e discutidos como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com a definição de objetivo e escopo (ISO 14040, 2006).

É nesta fase que as organizações traçam o plano de ação frente as suas necessidades (HOOGMARTENS et al., 2014).

Portanto, como no VSM, a ACV tem sido utilizada para a análise de uma variada gama de processos, produtos e serviços:

- a) consumo de combustível em automóveis (DEL PERO et al., 2017);
- b) produção de vidros de automóveis (HOOGMARTENS et al., 2014);
- c) fundição de alumínio (PRYSHIAKIVSKY et al., 2013), entre outros.

Porém, alguns pesquisadores (HOOGMARTENS et al., 2014; YLMAZ et al., 2015), ao traçarem seus fluxos de materiais e energia, focam nas entradas e saídas, mas não contemplam os fluxos intermediários que podem ser afetados por equipamentos, mão de obra, matéria prima, fluxos de informação, entre outros.

Já Chiarini (2014), realizou em indústrias de motocicletas o levantamento dos desperdícios intermediários que afetam os custos e o meio ambiente, inclusive utilizando-se de ferramentas de produção enxuta (TPM) para a solução dos problemas, porém não se utilizou da cadeia global de impacto das matérias primas e também não quantificou de forma mais abrangente os ganhos ambientais gerados pelas ações implantadas, tais como: saúde humana, acidificação, eutrofização, camada de ozônio, entre outros.

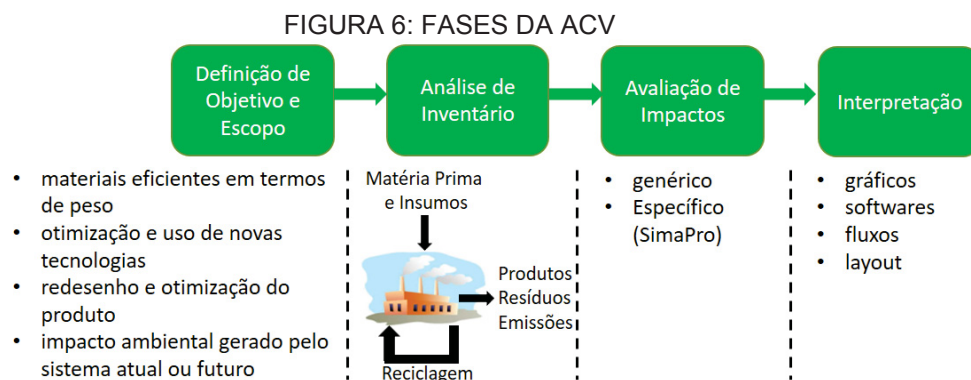
Neste sentido, identifica-se um vácuo nas pesquisas que não abrangem um mapeamento ambiental global, ou seja, visualizar as entradas, saídas e os fluxos intermediários do processo analisado, para que se possa obter uma visão real e completa do sistema e ainda quantificar ambientalmente os ganhos ocorridos, pois a ACV sem o apoio de uma ferramenta quantitativa não oferece possibilidade.

Além de tudo, segundo Hoogmartens et al (2014), a existência de diversas metodologias e diferentes pesos para os fatores ambientais, econômicos e sociais na ACV, levam a conflitos de avaliação de resultados.

Sendo assim, para evitar tais conflitos, autores utilizam-se do software SimaPro (AGUADO et al., 2013), por ser um dos mais reconhecidos, segundo Jijakli et al (2012).

O SimaPro é um software que auxilia na realização da ACV, pois já possui um cadastro de mais de 10.000 processos de diferentes áreas e também inclui uma base de entradas e saídas de dados com mais de 400 mercadorias. Este software vem com uma grande base de métodos de avaliação e cada método possui entre 10 a 20 categorias de impacto, assim podendo-se determinar estes impactos gerados por um processo escolhido ou lançado (SimaPro, 2016).

Assim, através de lançamentos de dados e escolha de um método adequado pode-se, através dos dados e gráficos gerados, analisar criticamente seu processo, conforme mostra resumidamente a figura 6.



FONTE: ISO 14040 (2006), adaptado pelo autor (2018)

2.3 MATRIZ DE ANÁLISE

Quando se faz uma análise é comum se utilizar de ferramentas que demonstrem, pesem ou ponderem a eficácia e a eficiência qualitativa e quantitativa das análises realizadas (WANG et al., 2017).

Contudo, quando se compara ferramentas de natureza diferentes, a dificuldade em conferir pesos e ponderações a utilizações diversas, dificulta a formatação de uma ferramenta de análise.

Assim, matrizes comparativas de vantagens e desvantagens são mais apropriadas, especialmente quando se deseja integrar métodos distintos e demonstrar fatores positivos ou negativos, além de conferir a compreensão dos limites e das possibilidades inerentes a cada uma e ao mesmo tempo tratar as oportunidades e as fraquezas do que se está analisado (WANG et al., 2017).

Neste sentido, pesquisadores como GAO et al.; BAUDINO et al (2017) tem adotado uma matriz chamada de SWOT, mas com uma visão de ponderação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

2.3.1 Matriz de análise SWOT

A matriz de análise SWOT foi acreditada em 1971 pela Harvard Business School, sendo que a sigla proveniente do idioma inglês, representa: forças (*S - strengths*), fraquezas (*W - weaknesses*), oportunidades (*O - opportunities*) e ameaças (*T - threats*), conforme Baudino et al (2017).

Esta técnica auxilia na elaboração do planejamento estratégico das empresas com o objetivo de focar na combinação das forças e fraquezas e ao mesmo tempo nas oportunidades e ameaças do mercado e da organização (GAO et al, 2017). Samuels (2017) cita ainda que a matriz auxilia na organização dos assuntos, além de manter a ansiedade dos interlocutores e ainda abrir espaço para reflexões.

Baudino et al (2017) destaca que os fatores externos provem de fora do sistema analisado e podem decorrer da macroeconomia, da política, de novas tecnologias, da competitividade e ainda, conforme destaca Clardy (2013), a matriz SWOT é sempre um exercício de comparação que não deve ser aplicada a um caso abstrato, mas sim em exercícios empíricos. Ainda, a matriz SWOT é uma ferramenta para informar decisões estratégicas, planejamento e ação (CLARDY, 2013), além de observar obstáculos que necessitam de antecipação (THAMRIM et al., 2017).

A matriz em sua forma natural, se delinea em quadrantes, conforme figura 7, e a composição destes, pode ser realizada por algumas metodologias, tais como:

entrevistas, reuniões, questionários, formação de grupos de trabalho, entre outros (BALDINO et al., 2017).



Portanto, é uma ferramenta estrutural da administração, utilizada na análise do ambiente interno e externo, com a finalidade de formulação de estratégias das empresas (BAUDINO et al., 2017).

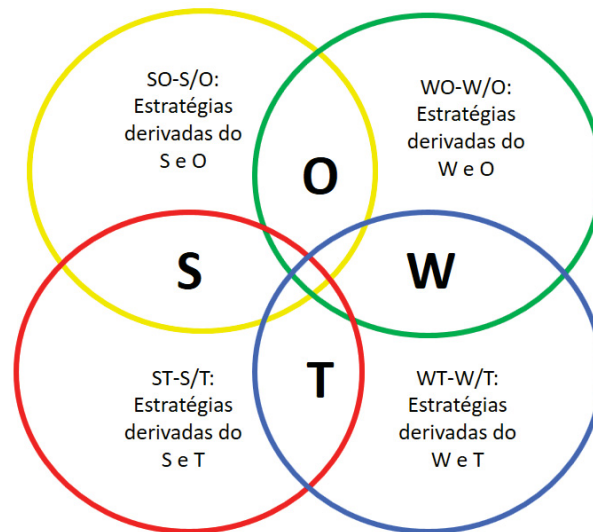
Destaca-se que a ferramenta SWOT já foi aplicada por GAO et al.; BALDINO et al (2017) na avaliação de vantagens e desvantagens em matéria inerente a questões ambientais, quando da aplicação da ACV.

Sendo assim, oportuniza-se nova aplicação da mesma, contudo em três situações distintas:

- a) avaliação do ACV;
- b) avaliação do VSM;
- c) integração do ACV e VSM.

Ainda, ao estabelecer as vantagens e desvantagens dentro da matriz SWOT, GAO et al.; BALDINO et al (2017), utilizaram-se de um emparelhamento, onde uniu quadrantes da matriz SWOT para uma melhor definição das estratégias de fraquezas, forças, oportunidades e ameaças, conforme figura 8:

FIGURA 8 – ANÁLISE SWOT EMPARELHADA



FONTE: Gao et al (2017)

Portanto, a visão de emparelhamento dada por GAO et al.; BALDINO et al (2017), oportunizará a análise da integração das ferramentas da ACV e VSM, conferindo uma visão única da matriz SWOT para a aplicação conjunta das mesmas.

2.3.1.1 Vulnerabilidade

Conforme destaca Thamrim et al (2017) e Clardy (2013), a maior vulnerabilidade da matriz SWOT é a sua subjetividade, uma vez que se utiliza de uma análise de compreensão.

Esta compreensão pode se dar diferentemente no mesmo caso concreto, dependendo do grau de experiência da pessoa que a aplica (THAMRIM et al., 2017) e também relacionasse com o nível hierárquico, pois níveis mais altos de gerência se preocupam mais com as pessoas e os níveis de média gerência focam nos aspectos mais técnicos dos problemas (CLARDY, 2013).

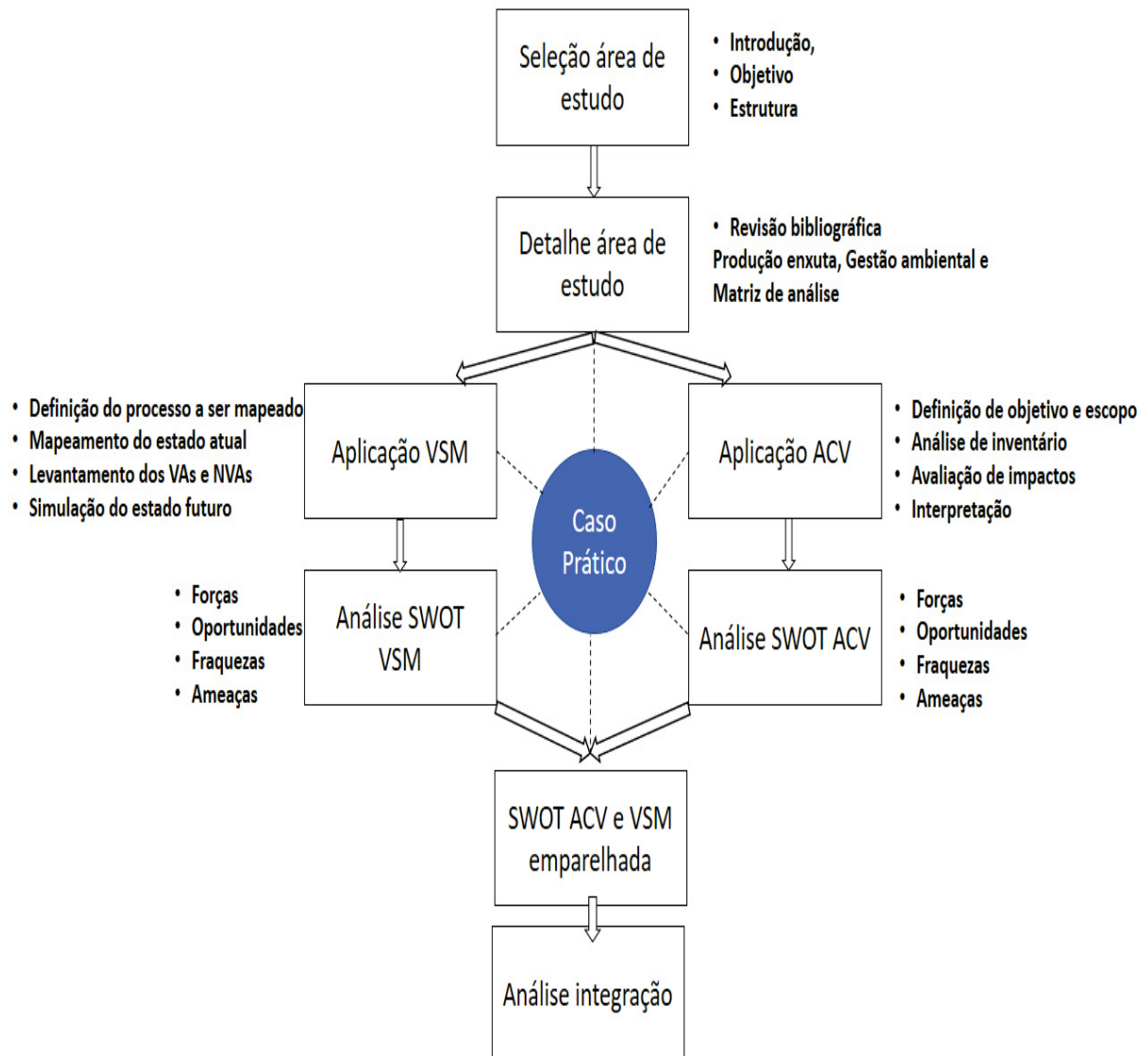
Para minimizar os riscos, Clardy (2013), Thamrim et al (2017) e Baudino et al (2017) destacam:

- a) a matriz deve ser aplicada a um caso concreto;
- b) deve ser um exercício de comparação;
- c) deve ser aplicado de uma forma imparcial;
- d) questionários/pesquisas são o caminho para a construção da matriz;
- e) *experts* da área são os mais indicados na construção da matriz.
- f) as observações devem ser realizadas *in loco*;

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais materiais utilizados, bem como descrever os procedimentos e métodos para a caracterização e realização das avaliações da ACV e do VSM no estudo de caso escolhido, assim como as análises SWOT pertinentes, conforme fluxograma 1:

FLUXOGRAMA 1 – MAPA MENTAL DO PROJETO



FONTE: O próprio autor (2017)

3.1 MAPEAMENTO DE FLUXO E VALOR

O método VSM seguiu as etapas expostas na figura 4 e delineadas no item 2.1.1 e o material do mapeamento de fluxo e valor foi coletado com base em duas visitas técnicas (ANEXO 1) e dois questionários (APÊNDICE 1), todos realizados em uma mesma empresa do setor automotivo.

1º Etapa: Definição do processo a ser mapeado

A escolha do produto ou processo a ser aplicado o VSM, foi com base na experiência prático-profissional do pesquisador, que uniu em um mesmo processo fatores de ordem ambiental (produtos químicos e recursos naturais utilizados) e questões de produtividade industrial inerentes ao setor automobilístico (alta concorrência frente a custos).

Ainda, a escolha se pautou pela inexistência de pesquisas específicas no setor de tratamento de superfície de carrocerias com visão conjunta de ferramentas ambientais e produtivas, conforme exposto no item 2.1.1.

2º Etapa: Mapeamento do estado atual

Através da visita técnica 1 (ANEXO 1), em conjunto com o especialista da área de tratamento de superfície da empresa estudada, foi seguido fisicamente o fluxo do processo e aplicado o questionário 1 (APÊNDICE 1), sendo assim cosnstruído o mapeamento do estado atual com o padrão exposto no quadro 2.

3º Etapa: Levantamento dos valores agregados e não agregados

Nesta etapa, durante a visita técnica 2, com base nos 7 princípios de desperdícios apresentados no quadro 3 e demais conceitos da seção 2.1.1 , utilizou-se de observações dentro do fluxo do processo, questionário junto ao técnico da empresa estudada e de cronometragem das respectivas fases do processamento do produto.

Sendo assim, foi calculado o valor agregado e não agregado do processo conforme fórmulas apresentadas na seção 2.1.1,

$$\%VA = \frac{T}{L} \times 100 \quad (1)$$

$$\%NVA = \%VA - 100 \quad (2)$$

e lançado os respectivos VAs e NVAs no mapeamento do processo.

4º Etapa: Simulação do estado futuro

A construção do estado futuro se deu com a análise crítica da visitas técnicas (ANEXO1), dos questionários (APÊNDICE 1), do mapeamento realizado na 2º e 3º etapas, onde foi possível desenhar um mapeamento futuro mais próximo do ideal para a organização, com base nos princípios expostos no quadro 3.

3.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

O método da ACV seguiu as etapas expostas na figura 6 delineada no item 2.1.2 e o material da análise do ciclo de vida foi coletado com base em duas visitas técnicas (APÊNDICE 1), em dois questionários (APÊNDICE 2) e em pesquisa bibliográfica dos pontos que a empresa estudada considerou confidenciais.

1º Fase: Definição de objetivo e escopo

O processo escolhido, com base na utilização de produtos químicos e fontes não renováveis, foi definido pela abertura que a empresa estudada conferiu ao pesquisador.

Definiu-se o objetivo e o escopo da ACV com base em uma interpretação do impacto ambiental do processo escolhido em sua forma atual.

Neste sentido, através da visita técnica 3 (APÊNDICE 1) e do questionário 3 (APÊNDICE 2), foi observado o processo, produto, matérias primas, resíduos e fluxos, em conjunto com o supervisor da área, sendo que, foi descrito de acordo com o quadro 5: unidade funcional, função, fluxo de referência, fluxo intermediário e fluxo elementar.

Ainda, foi definido o uso da base IMPACT 2002 +, no *software* SimaPro, por quantificar os impactos e ser de reconhecimento na comunidade científica para processos similares (CARVALHO et al., 2014; ANGELAKOGLU et al., 2015).

2º Fase: Análise de inventário

Através das visitas técnicas 3 e 4 (APÊNDICE 1), referências bibliográficas para os dados não fornecidos pela empresa e dos questionários 3 e 4 (APÊNDICE 2), foram identificadas e quantificadas, em conjunto com o supervisor da área, as entradas e saídas associadas a cada fase do sistema em estudo (fluxograma 6) e construído o balanço de materiais, conforme tabelas 4 e 5.

3º Fase: Avaliação de impactos

Para a avaliação dos impactos, utilizou-se dos dados inventariados na fase anterior, e estes foram lançados no *software* SimaPro na base IMPACT 2002 +, conforme detalhamento no APÊNDICE 3.

Sendo assim, foram gerados os gráficos dos aspectos e de impactos ambientais do sistema de tratamento de superfície de carrocerias, conforme gráficos 1 e 2.

4º Fase: Interpretação

Com base nos gráficos gerados na 3º fase, os resultados foram sumarizados e discutidos para as conclusões de acordo com a definição do objetivo e escopo.

3.3 MATRIZ DE ANÁLISE SWOT

Com a realização de quatro visitas técnicas (APÊNDICE 1) e com a elaboração de quatro questionários específicos (APÊNDICE 2), foi possível compor os quadrantes da análise SWOT natural e emparelhada do VSM e da ACV, conforme metodologia abaixo:

SWOT natural

- a) primeiro passo: estabeleceu-se dentro das visitas técnicas realizadas, as pessoas, o local e os questionamentos a serem seguidos, sobre o VSM e o ACV levando-se em consideração os pontos de vulnerabilidade e de riscos apresentados no item 2.3.1.1;
- b) segundo passo: foi estratificado, com base nos dados coletados pelo pesquisador durante as visitas técnicas e nas respostas dos questionários, os quadrantes da matriz SWOT da ACV e do VSM, conforme figura 7.

SWOT emparelhada

- a) primeiro passo: para unificar o entendimento das matrizes SWOT natural do VSM e da ACV, foi realizado um emparelhamento inicial dos eixos comuns (S-S; W-W; O-O; T-T);
- b) segundo passo: realizada a análise crítica dos eixos comuns, em que pese a unificação de questões similares e a manutenção de pontos específicos e gerado os eixos emparelhados (S-O; W-O; W-T; S-T);
- c) terceiro passo: realizada a análise crítica dos eixos emparelhados do segundo passo, em que pese a unificação de questões similares e a manutenção de pontos específicos e construída a matriz emparelhada, conforme figura 8.

3.4 ESTUDO DE CASO

Os processos de tratamento de superfície são tidos como altamente poluentes e trabalhos específicos nesta área são direcionados para a identificação, tratamento e disposição dos resíduos finais (DE BEM, 2008; NOGUEIRA et al., 2008; WIEMES,

2013), porém a identificação intermediária e final de produtividade (ambiental e processo) não é tomada em conta nestes trabalhos.

Como na indústria automotiva a concorrência é crescente, estes processos não podem ser tratados somente com ações de tratamento e disposição de resíduos finais, uma vez que a alta complexidade dos processos de tratamento de superfície de carrocerias demanda uma visão sistêmica do mesmo ou seja envolver todas as fases do processamento (Desengraxe, Refinação, Fosfatização e Lavagens).

Destaca-se ainda que as questões de garantia à corrosão, elevam os patamares de rigor no processo de tratamento de superfície da indústria automotiva, uma vez que a imagem de marca e a satisfação frente a concorrência é tomada em conta e para que isto ocorra com sucesso, uma superfície bem limpa, livre de ferrugem, isenta de graxas e sujidade oferece a base necessária para uma boa proteção por recobrimento.

Sendo assim, o processo de tratamento de superfície auxilia em alguns aspectos, como: aderência, redução da rugosidade e ataque atmosférico e para um melhor entendimento do estudo de caso, foi delineado o sistema de tratamento de superfície de carrocerias, com base na visita técnica-1 (APÊNDICE 1), questionário-1 (APÊNDICE 2) e pesquisa bibliográfica, como se vê a seguir:

Fase desengraxe

O processo de desengraxe tem a finalidade de limpar a superfície das peças. Esta operação é normalmente classificada como pré-tratamento, em virtude de não incorporar elementos às peças.

Há vários métodos de desengraxe: por solventes, aquoso com solução alcalina e aquoso com solução ácida.

O desengraxe alcalino serve basicamente para metais ferrosos, pois metais como latão, alumínio e cobre são atacados, necessitando de inibidores.

Os banhos utilizados neste caso contém sal alcalino, como hidróxidos, junto com tensoativos e outros aditivos, e sua ação é a de deslocar a sujeira das peças deixando-a em suspensão ou em emulsão.

A carroceria chega nesta fase com diversas sujidades, entre elas: óleo, graxa e limalha.

Para a retirada destas sujidades com eficiência, adotam-se 4 estágios de limpeza chamados respectivamente de 00, 01N, 01 e 02.

Nestes estágios a carroceria sofre o processo de desengraxe de duas maneiras: aspersão da soluço desengraxante no estágio 00 e total imersão da carroceria nos estágios 01N, 01 e 02.

A soluço desengraxante adotada pela empresa  com base alcalina, onde se utiliza como matéria prima o NaOH e a sua temperatura de aplicao  na faixa de 55C.

Os resíduos gerados nesta fase são tratados como se segue:

Tabela 1 – RESÍDUOS DA FASE DE DESENGRAXE E SEU TRATAMENTO

Resíduo	Tratamento	Tipo
leo	Bomba Separadora	Físico
Graxa	Bomba Separadora	Físico
Limalha	Barras Magnéticas	Físico
gua+NaOH	Neutralizao	Químico

FONTE: Empresa estudada (2017)

Aqui como nas demais fases de gerao de resíduos, utiliza-se tecnologias com o intuito de não sobrecarregar o sistema de tratamento de efluentes.

Fase lavagem

A primeira lavagem ocorre no estágio 03 pelo método de aspersão e possui duas funoes primordiais.

A primeira  de lavar a carroceria para que a mesma não contamine o banho seguinte e a segunda  a de resfriamento da carroceria.

A matéria prima aqui utilizada  a água simplesmente.

Refinador

A etapa de refinao  muito importante, pois um pH alto promove a precipitao dos fosfatos, que  a fase seguinte, formando cristais pequenos.

Já se a decapagem ácida for muito longa e a superfície não for bem lavada após este banho, poderão resultar cristais longos, o que também não  interessante para o processo de pintura (CATÁLOGO GALVANO,2011).

Nesta fase  que se faz a ativao o qual irá permitir nuclear adequadamente os cristais de fosfato formados durante a etapa posterior.

A ativao ocorre no estágio 04 ou também chamado de refinador,  a fase em que se faz a preparao da chapa para o recebimento da fosfatizao.

Sua funo  ativar a superfície metálica e a matéria prima utilizada  a base de titânio e fluoretos.

O resíduo ácido, nesta fase, é neutralizado antes de envio ao sistema de tratamento de efluentes.

Fosfatização

Na fosfatização é realizada efetivamente a proteção que retardará a corrosão e melhorará a aderência da camada recobridora (cataforese).

A fosfatização é um processo de conversão do metal em um fosfato insolúvel do íon metálico, na maioria das vezes fosfato de zinco que se deposita na superfície modificando as propriedades superficiais (BANCKZEC, 2005).

O processo de fosfatização é utilizado para preparar a superfície metálica para uma boa aderência da tinta e proteger a superfície do desenvolvimento dos processos de corrosão e a durabilidade da tinta está diretamente ligada à eficácia do sistema de pré-tratamento do substrato.

O objetivo de tratar as superfícies dos metais antes da pintura é o de tornar então a superfície uma base inerte para receber a tinta e desta maneira proteger o substrato.

Este tipo de tratamento de superfície pode ser realizado por imersão ou por sprays direcionados.

Para diminuir o tempo de formação da camada de fosfato são utilizados aditivos como o Níquel, Zinco e Manganês dissolvidos na solução de fosfatização, quando temos um único sistema, denominado fosfatização tri-catiônica que é considerada uma das mais úteis na indústria automobilística, sendo este o sistema utilizado no processo escolhido.

Normalmente, as películas de fosfato formadas são sujeitas a lavagem/passivação/ lavagem, operações adequadas à selagem do revestimento fosfático, de modo que este venha a constituir uma excelente camada de aderência do primário anticorrosivo (ALMEIDA, 2000).

A fosfatização, no caso prático, ocorre no estágio 05 a uma temperatura na faixa dos 55°C, onde por imersão é que efetivamente deposita-se a camada fina e uniforme de 2,7g/m² de cristais de fosfato.

O processo adota a fosfatização tricatiônica (Zn, Mn e Ni), e é esta camada de fosfato que oferece suporte a ancoragem da pintura cataforética.

A matéria prima utilizada a base de H_3PO_4 e os demais cátions (Zn, Mn e Ni) que é chamado de “xarope” pela empresa fornecedora é de formulação e balanceamento não aberto.

Através de um filtro prensa são extraídos os resíduos do processo que é formado por uma borra dos elementos constantes no “xarope”, e esta borra é encaminhada para incineração em uma empresa terceirizada.

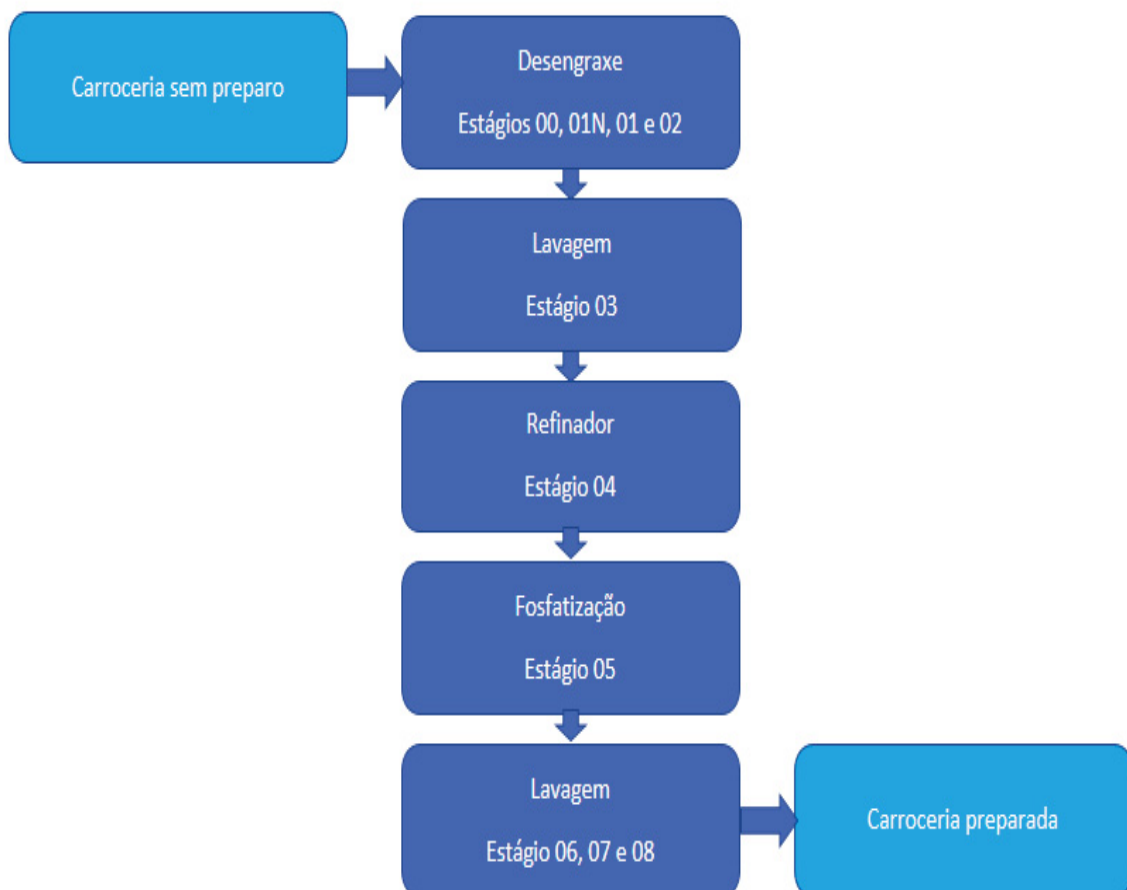
Fase lavagem

Nos estágios 06, 07 e 08 é realizada a lavagem final da carroceria antes do envio para o processo cataforético.

Os estágios 06 e 07 são realizados por aspersão e imersão e no estágio 08 somente aspersão.

Com este entendimento foi possível construir o fluxo do processo em estudo:

FLUXOGRAMA 2 – FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE



FONTE: O próprio autor (2017)

Sendo assim, conforme exposto no capítulo 2, existem ferramentas disponíveis para uma melhor identificação de produtividade, seja por etapa ou plenitude do

processo analisado, que podem ser integradas com ferramentas ambientais e conferir uma visão mais abrangente.

Neste sentido, o projeto se delinea na avaliação de um processo de tratamento de superfície através da aplicação de uma ferramenta de produção enxuta e outra ambiental com a finalidade de ao final chegar a uma proposta de integração das ferramentas aplicadas.

3.5 INTEGRAÇÃO ENTRE VSM E ACV

A metodologia para a integração entre as ferramentas VSM e ACV, partiu de uma análise prévia entre as ferramentas aplicadas, em um mesmo caso prático, em conjunto com os dados teóricos alcançados na revisão bibliográfica, em que foi estabelecido:

- Um comparativo teórico entre as fases de cada ferramenta, com o intuito de verificar pontos comuns na estrutura estabelecida;
- Uma avaliação dos pontos de maior destaque em cada fase, quando da aplicação prática, buscando-se a ênfase dada por cada metodologia;
- As similaridades entre as ferramentas, em que pese os itens aderentes para uma integração;
- Uma correlação entre as ferramentas, buscando-se tabelar em cada fase os pontos comuns e não comuns.

Com base na análise prévia, foi possível definir as quatro etapas do modo integrado.

Neste sentido, definiu-se, com base na aplicação prática, os pontos a serem utilizados em cada etapa do modo integrado:

1º Etapa:

Dentro da expectativa a ser alcançada pelo modo integrado, elencou-se nesta etapa, fatores que afetem tanto questões de produtividade quanto ambientais.

2º Etapa:

O mapeamento, nesta etapa, necessita de representações gráficas dos processos, fluxos de materiais e informações e pela aplicação prática, foi possível definir os símbolos/representações gráficas a serem utilizados.

3º Etapa:

Nesta etapa foi escolhido os princípios norteadores para se conseguir visualizar e separar os elementos que agregam valor (VA) dos que não agregam valor (NVA).

4º Etapa:

Com base na visualização de um estado futuro, utilizando-se de um mapeamento de processo, com base nas ideias de melhoria e oportunidades que são identificadas é possível comparar uma situação real frente a uma situação futura.

Ainda, com base em gráficos, softwares, fluxos de entrada e saída e *layout*, os resultados são sumarizados e discutidos como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com a definição de objetivo e escopo.

4 ANÁLISES E RESULTADOS

A partir da aplicação da metodologia exposta no capítulo 3, pelas visitas técnicas (APÊNDICE 1), questionários (APÊNDICE 2) e pesquisas bibliográficas, foi construída a análise e os resultados do sistema de tratamento de superfície de carrocerias da indústria automobilística escolhida.

4.1 APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DE FLUXO E VALOR

Aplicou-se a metodologia da ferramenta de produção enxuta VSM, apresentada na seção 3.1, onde os dados coletados através das visitas técnicas 1 e 2 (APÊNDICE 1) e questionários 1 e 2 (APÊNDICE 2) foram sistematizados conforme segue:

1º Etapa: Definição do processo a ser mapeado

Conforme o item 3.4 já apresentado, o processo definido foi o tratamento de superfície de carrocerias de uma indústria automotiva.

GIL et al.(2007), reforçam que nesta modalidade industrial ocorre:

- Alto consumo de produtos químicos, energia elétrica e água;
- Exigência de mercado quanto aspectos ligados a anti-corrosão;
- Alta competitividade.

2º Etapa: Mapeamento do estado atual

- Horários de trabalho

A empresa trabalha em três turnos de produção, com horários (h) de 480 min, intervalos (i) de 40 min para alimentação e pausas (p) de 10 min em cada turno, cinco dias por semana.

- Capacidade produtiva

O *takt time* (T_{cy}) da linha de tratamento de superfície é de 1 carro/min e foi determinado com base em cronometragem realizada na 2º visita técnica.

Portanto, com os horários de trabalho e a capacidade produtiva foi possível calcular o volume de carrocerias, conforme segue:

Tempo de trabalho diário (capacidade 100%):

$$T = 3 \times (h - i - p) = 1290 \text{ min}$$

Volume de carrocerias produzidas por dia (capacidade 100%):

$$V = T_{cy} \times T = 1290 \text{ carrocerias}$$

- Tempo do fluxo de processo

O *Lead Time* (Lt) de processo é de 1800 s (capacidade 100%).

- Tempo das fases

Cada carroceria na respectiva fase do processo, possui um tempo específico de permanência que é definido pela empresa.

Este tempo de permanência foi cronometrado na 2ª visita técnica e exposto na tabela 2:

TABELA 2: TEMPO DE PERMANÊNCIA NAS FASES DO TTS

Etapa	Desengraxe	Enxágue	Refinador	Fosfatização	Enxágue
Tempo	720 s	180 s	180 s	180 s	540 s

FONTE: O próprio autor (2017)

- Energia

A energia consumida no processo é de 1,379 KWh/carro e foi disponibilizada pela empresa. De uma forma geral, este consumo de energia, provém das máquinas constantes no sistema (bombas, insufladores de ar, transportadores, trocadores de calor, etc).

- Água

Assim como o consumo de energia, o volume de água utilizado no processo também foi disponibilizado pela empresa e está em 0,86 m³/carro e serve os processos de lavagem, preparação dos banhos e limpeza do processo.

- Análises realizadas

Os controles realizados periodicamente no decorrer dos turnos estão apresentados na tabela 3:

TABELA 3 – ANÁLISES REALIZADAS NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

Etapa	Temperatura	Alcalinidade	PH	Concentração	Acidez	Zn, Ni, Mn, F e NO3	Condutividade
DESENGRAXE	x	x	x	x			
REFINADOR	x	x	x	x			
FOSFATIZAÇÃO	x		x		x	x	
ENXAGUE	x	x	x		x		x

FONTE: Empresa estudada (2017)

- Mão de obra

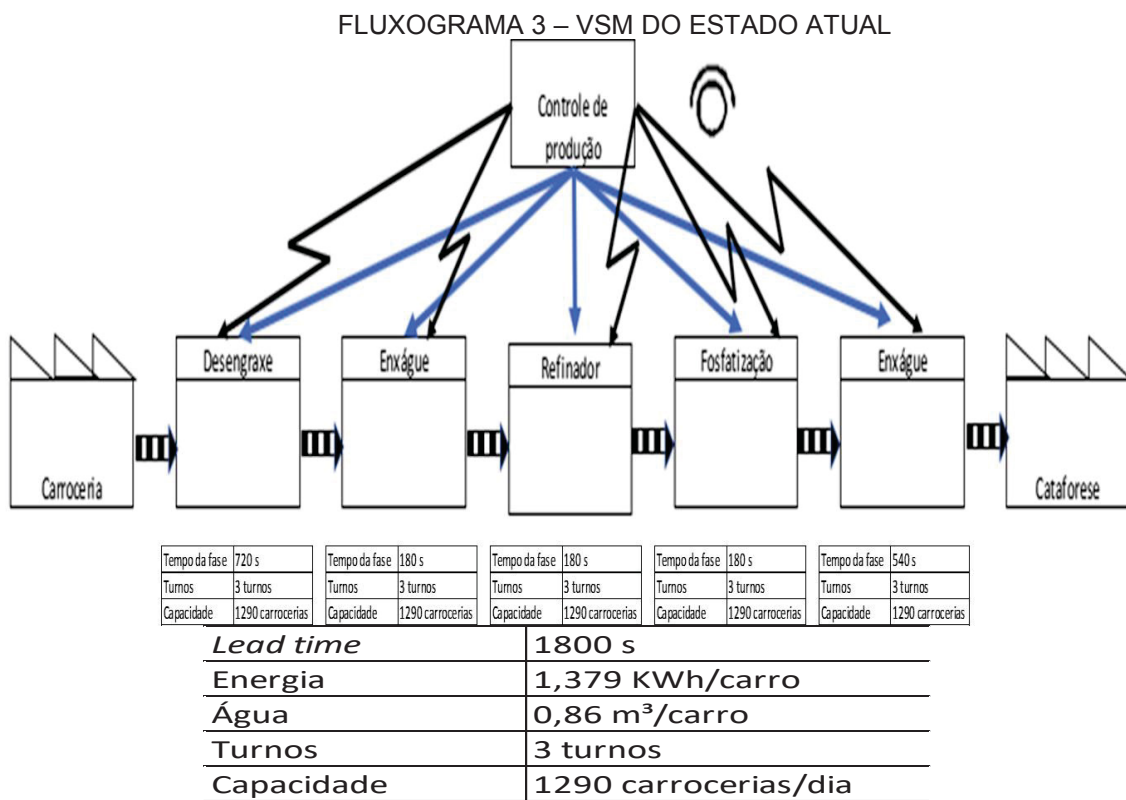
Dentro do processo de sistema de tratamento de superfície trabalha 1 técnico de processo durante os turnos de trabalho, que realiza os controles de qualidade

definidos conforme tabela 2 e os ajustes necessários dos banhos, seja acrescentando ou diluindo as matérias primas.

- Fluxo de informação

O fluxo de informação ocorre de forma eletrônica por meio de sistemas supervisórios (sensores e softwares de auxílio), presença física do técnico no processo (fluxo verbal e visual) e a realização de análises físico-químicas e visuais.

Desta forma construiu-se o mapeamento do processo atual, como apresentado no fluxograma 3:



FONTE: O próprio autor (2017)

3ª Etapa: Levantamento dos valores agregados e não agregados

Nesta fase através das observações e na aplicação dos princípios inerentes a técnica VSM, foi construído a visão dos NVAs e dos VAs do processo de tratamento de superfície de carrocerias, conforme segue.

- Tempo de processo

Foi identificado através de cronometragem, que existe um tempo entre as fases do processo que não agregam valor ao mesmo.

O tempo observado foi de 20 s, e decorre da movimentação de saída de uma fase até a entrada da fase seguinte.

Os tempos se distribuíram igualmente entre as fases, conforme descrito abaixo:

Desengraxe e Enxágue → 5 s

Enxágue e Refinador → 5 s

Refinador e Fosfatização → 5 s

Fosfatização e Enxágue → 5s

- Equipamentos

Ainda, dentro das observações, foram identificados equipamentos desligados:

Fase do desengraxe: Bomba separadora de água e óleo;

Fase do refinador: Insuflador de ar.

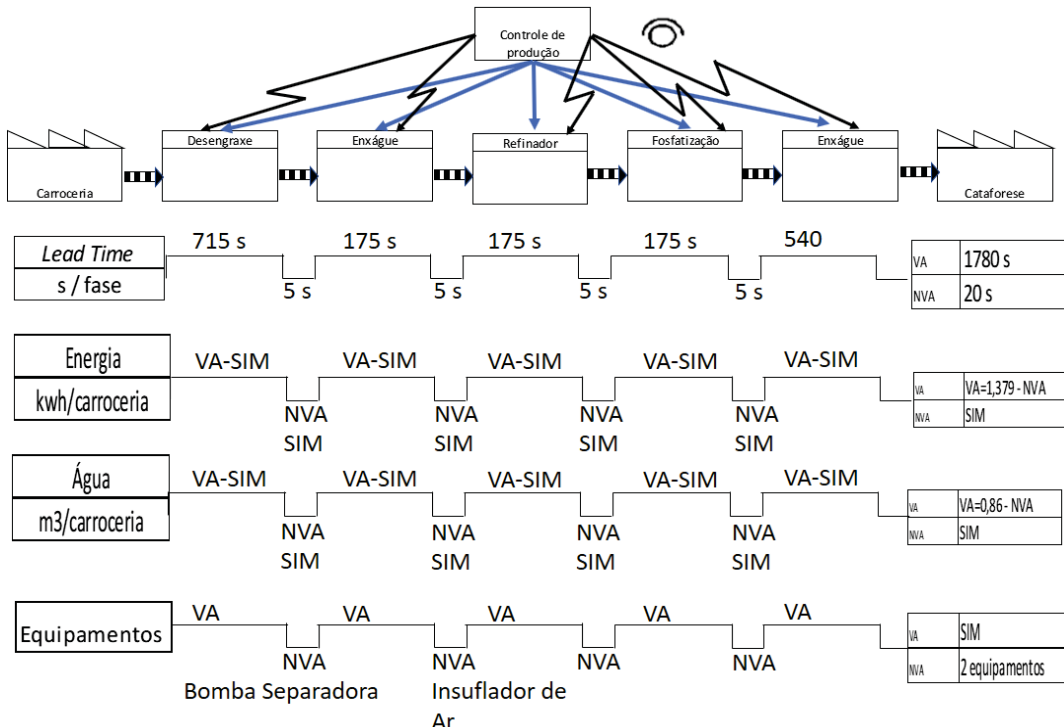
- Energia e água

Neste ponto a análise específica dos VAs e NVAs dos consumos de energia e água restou prejudicada, uma vez que a empresa não possui a informação detalhada de cada fase e ainda foi verificado *in loco* que:

- não existem medidores específicos de energia e água para cada fase;
- a sensação térmica no ambiente do processo é alta (perda de calor para o ambiente);
- há emissão de água no estado de vapor (perda água para o ambiente).

Sendo assim, para não deixar de mencionar as perdas de água e energia, foi colocada a informação de que há NVA na fase específica com a palavra SIM.

FLUXOGRAMA 4 – VSM DOS VALORES AGREGADOS E NÃO AGREGADOS



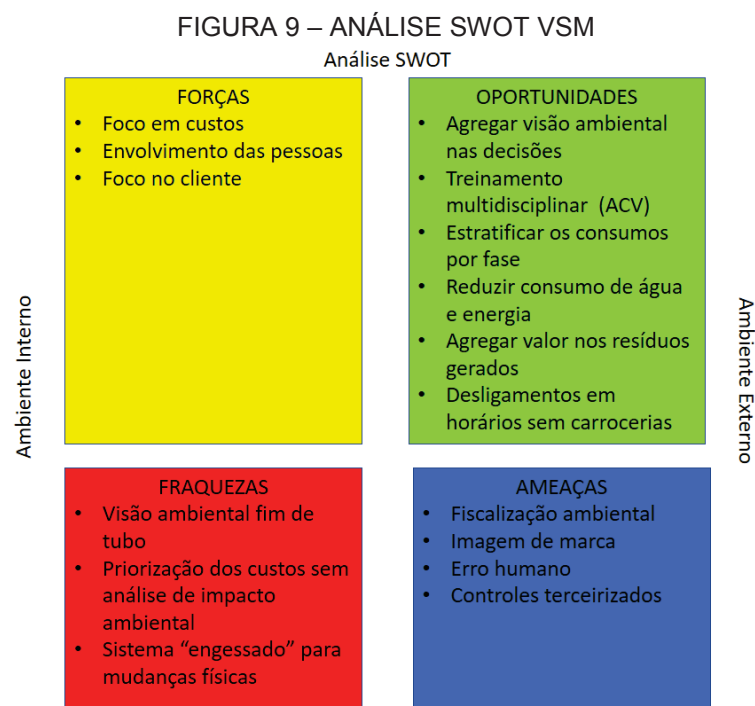
FONTE: O próprio autor (2017)

dados por parte da empresa estudada para que se pudesse tabular os NVAs a serem ganhos com as ações, tais como: deslocamento, energia, água e o bom funcionamento dos equipamentos.

Portanto, conforme Vinodh et al (2015), as ferramentas tradicionais de produção enxuta focam na redução de custos e ainda, Liker (2005) relembra que o sistema puxado parte da demanda do cliente e uma cultura industrial em que todos lutam continuamente para a melhoria é necessária, ou seja, independentemente do NVA a ser eliminado ou reduzido, este contribuirá para a evolução do sistema.

4.1.1 Análise SWOT natural do mapeamento de fluxo e valor

Conforme apresentado no item 3.3, passo 1 e 2, foi realizada a análise SWOT da ferramenta VSM aplicada ao estudo de caso, onde pode-se extrair das visitas técnicas (APÊNDICE 1) e questionários realizados (APÊNDICE 2) as análises das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças da técnica VSM, conforme figura 9.



FONTE: O autor (2018).

Assim, com a realização da análise SWOT do VSM, ficou reforçado o que Botti et al (2017). Maia (2010), Chase, Jacobs e Aquiliano (2006) já tinham percebido em seus trabalhos, ou seja:

- a produção enxuta em sua filosofia defende a eliminação dos desperdícios, reduzindo o excesso da capacidade ou estoque e removendo atividades que não agregam valor;
- a filosofia aborda a seguinte tríade: combate aos desperdícios, definição dos problemas de processo e alcance da produção otimizada, ou seja, é um sistema focado primordialmente na redução de custos.

Portanto, a análise SWOT do VSM demonstrou um foco desta ferramenta em redução de custos e um forte envolvimento das pessoas, uma vez que existe um grande apoio da direção nestas ações sem uma avaliação global do meio ambiente.

4.2 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Neste tópico desenvolve-se a avaliação do processo de tratamento de superfície com uma visão ambiental, onde aplica-se os conceitos e técnicas apresentadas na seção 3.2 e base no fluxograma geral de processo levantado na seção 3.4.



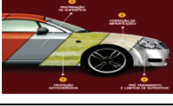




Avaliação do ciclo de vida

1º Fase: Definição de objetivo e escopo

O objetivo foi avaliar o processo de tratamento de superfície de uma indústria automotiva quanto aos seus impactos e aspectos gerados no meio ambiente, uma vez que os processos de tratamento de superfície são reconhecidamente agressivos.

Dentro do processo de tratamento de superfície foram definidos os aspectos necessários a ACV, tais como a unidade funcional, função, fluxo de referência, fluxo intermediário e fluxo elementar, conforme visitas técnicas 3-4 (APÊNDICE 1), questionário 3-4 (APÊNDICE 2) e demonstrado na tabela 4:

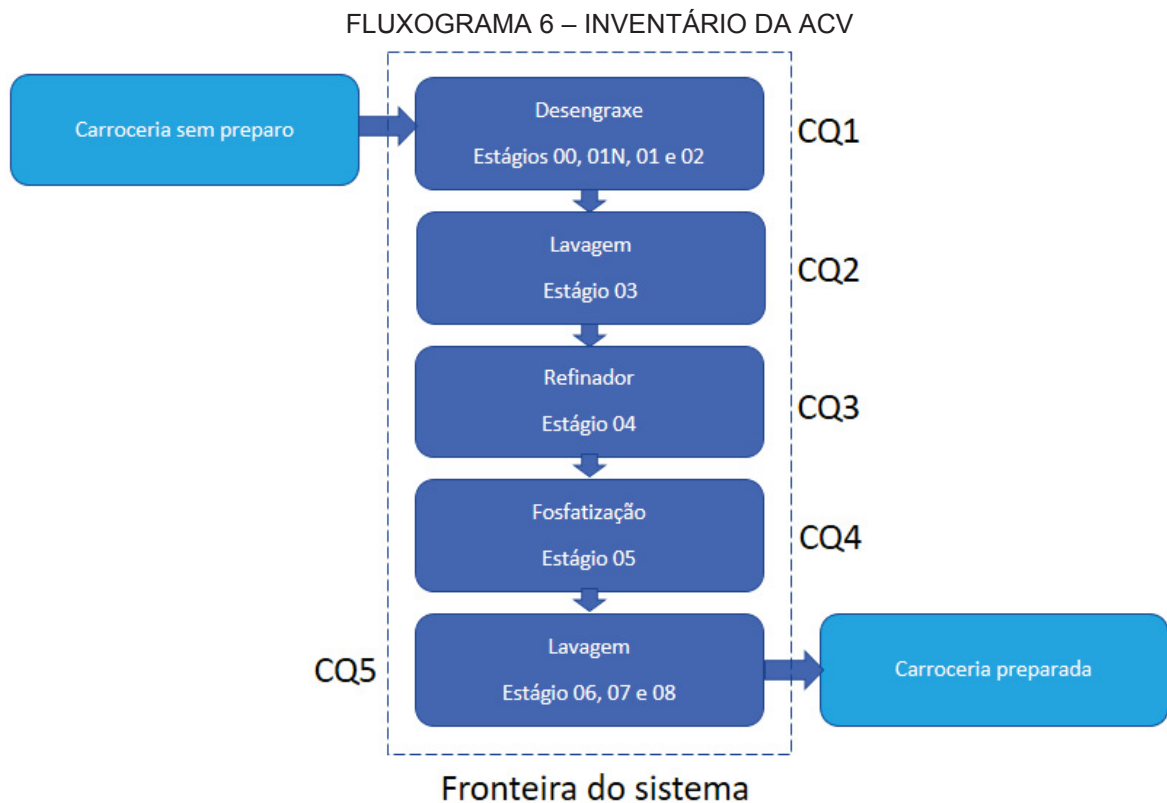
TABELA 4 – DEFINIÇÃO DOS TERMOS LIGADOS AO ACV INERENTES AO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

Aspecto	Definição	
Unidade funcional		01 carroceria preparada
Função		Anti-corrosão na carroceria por 20 anos
Fluxo de referência		Matérias primas utilizadas em cada fase
Fluxo intermediário	 Produtos químicos	 Carrocerias
Fluxo elementar	 Eletricidade	 Água

FONTE: O autor (2017); ISO 14040 (2006).

2º Fase: Análise de inventário

Seguindo a estrutura da análise ACV, foram definidos com base no fluxograma exposto no item 3.4 e na visita técnica 3 (APÊNDICE 1): os limites do processo e os blocos de processo (CQs), ficando disposto conforme fluxograma 6:



FONTE: O próprio autor (2017); Empresa estudada (2017)

- Matéria prima e resíduos

A matéria prima consumida e os resíduos gerados baseiam-se na quantidade de carrocerias produzidas e variam em cada estágio da fabricação, conforme especificidades (temperatura, pressão, pH, tempo e concentração).

Apesar da obtenção das fichas de segurança dos produtos aplicados, não foi possível determinar, através destas, os percentuais reais aplicados no sistema e nem a quantidade de resíduos gerados, devido a confidencialidade imposta pela empresa.

Porém, como alternativa, com base em pesquisa bibliográfica (tabela 5), foi possível verificar os percentuais médios de concentração das principais matérias primas usualmente aplicadas em sistemas de tratamento de superfície.

TABELA 5: MATÉRIAS PRIMAS (% MASSA/VOLUME) COM BASE EM REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Desengraxante		
Produto	%	Referência
NaOH	12	GUERREIRO (2009)
Refinador		
Produto	%	Referência
H ₂ SO ₄	15	GUERREIRO (2009)
Fosfatização		
Produto	%	Referência
H ₃ PO ₄	17,5	EROL; THOMING (2005)

FONTE: EROL; THOMING (2005); DE BEM (2008); GUERREIRO (2009); CAMILO (2011)

Ainda, para analisar os volumes utilizados dentro do processo, foi contabilizado de forma estática, conforme questionário 3 (APÊNDICE 2) os volumes dos tanques de cada fase em conjunto com os percentuais da tabela 5, sendo assim possível obter uma visão individualizada dos volumes de matéria prima empregado nos respectivos estágios, conforme tabela 6.

TABELA 6: VOLUMES DE MATÉRIA PRIMA EMPREGADOS

Fase	Desengraxe				Lavagem	Refinador	Fosfatização	Lavagem		
Estágio	0	01N	1	2	3	4	5	6	7	8
Tanque m ³	20	95	95	95	85	85	210	85	85	20
Total m ³	305				85	85	210	190		
NaOH m ³	36,6				0	0	0	0		
H ₂ O m ³	268,4				85	72,25	173,25	190		
H ₂ SO ₄ m ³	0	0	0	0	0	12,75	0	0	0	0
H ₃ PO ₄ m ³	0	0	0	0	0	0	36,75	0	0	0

FONTE: Empresa estudada (2017); O próprio autor (2018)

Convertendo os valores das matérias primas para kg, conforme fórmula

$$d=m/v \quad (3)$$

uma vez que no *software* SimaPro estas foram lançadas em kg, obteve-se a tabela 7 da massa aplicada de cada matéria prima:

TABELA 7: MATÉRIAS PRIMAS EM MASSA

	Densidade (kg/m ³)	Volume (m ³)	Massa (kg)
NaOH	2130	36,6	77958
H ₂ SO ₄	1840	12,75	23460
H ₃ PO ₄	1880	36,75	69090
H ₂ O desengraxe	1000	268,4	268400
H ₂ O lavagem	1000	85	85000
H ₂ O refinador	1000	72,25	72250
H ₂ O fosfatização	1000	173,25	173250
H ₂ O lavagem	1000	190	190000

FONTE: O próprio autor (2018)

A água se manteve em m³, quando foi lançada como matéria prima, pois a unidade é aceita dentro do *software* Simapro, porém quando integra o volume total da fase foi convertida para kg, assim ficando compatível com as demais matérias primas.

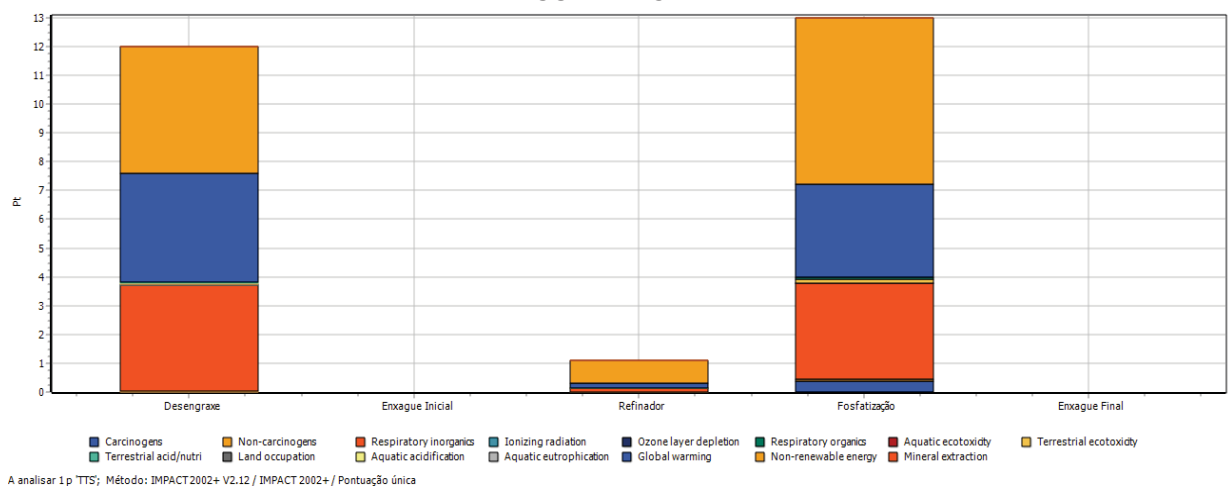
Ainda, ficou prejudicado os valores referentes aos resíduos (matérias primas, óleo e limalha) e emissões (calor e vapor de água), pois não foi encontrado valores de referência para o mesmo processo.

Portanto, será trabalhado somente com os dados da tabela 6 e 7.

3º Fase: Avaliação de impactos

Os dados gerados/coletados da 2º fase foram lançados no *software* SimaPro, conforme APÊNDICE 3 e obteve-se o gráfico 1:

GRÁFICO 1 – AVALIAÇÃO DE IMPACTO NAS FASES DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE



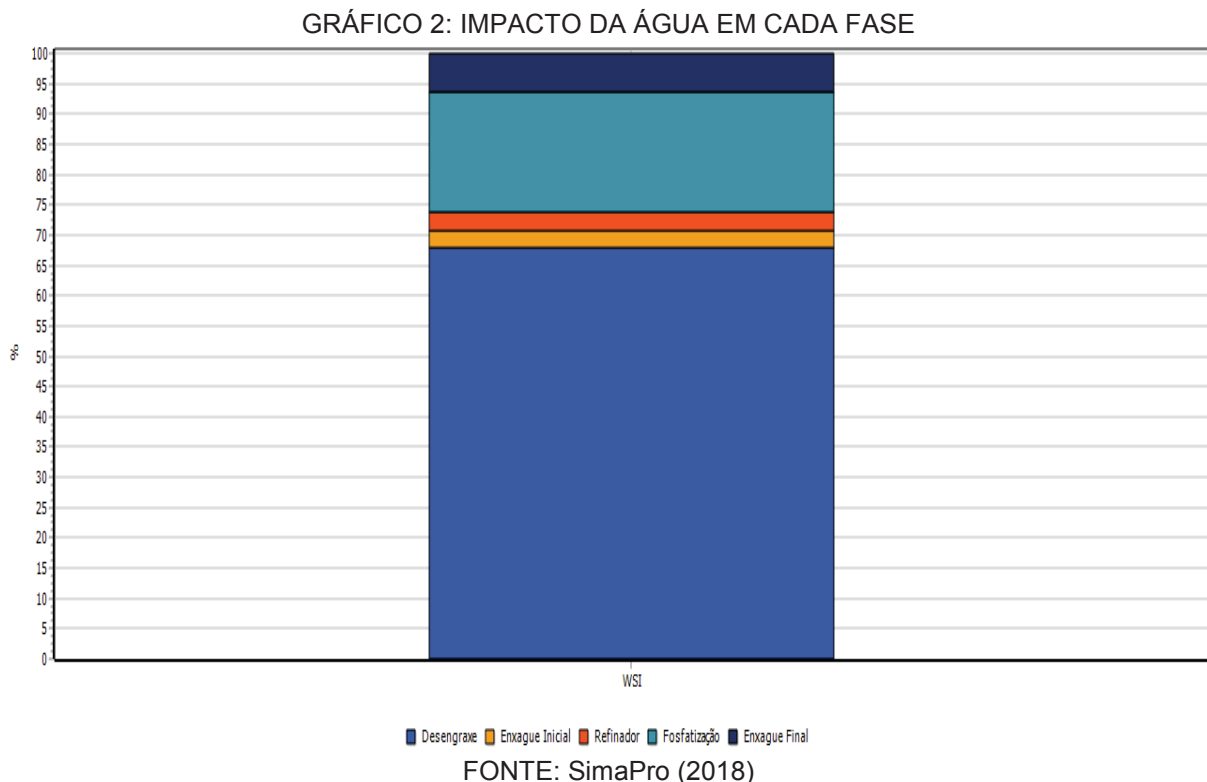
FONTE: O autor; SimaPro (2018)

Portanto, de forma quantitativa, pode-se observar por fase do processo os impactos gerados.

Sendo assim o processo de desengraxe e de fosfatização são os que apresentam maior potencial de impacto ambiental, onde se destaca os impactos em energia não renovável, aquecimento global e a respiração por agentes inorgânicos.

Já na fase do refinador, destaca-se em menor impacto a energia não renovável, quando comparado com a fosfatização e o desengraxe.

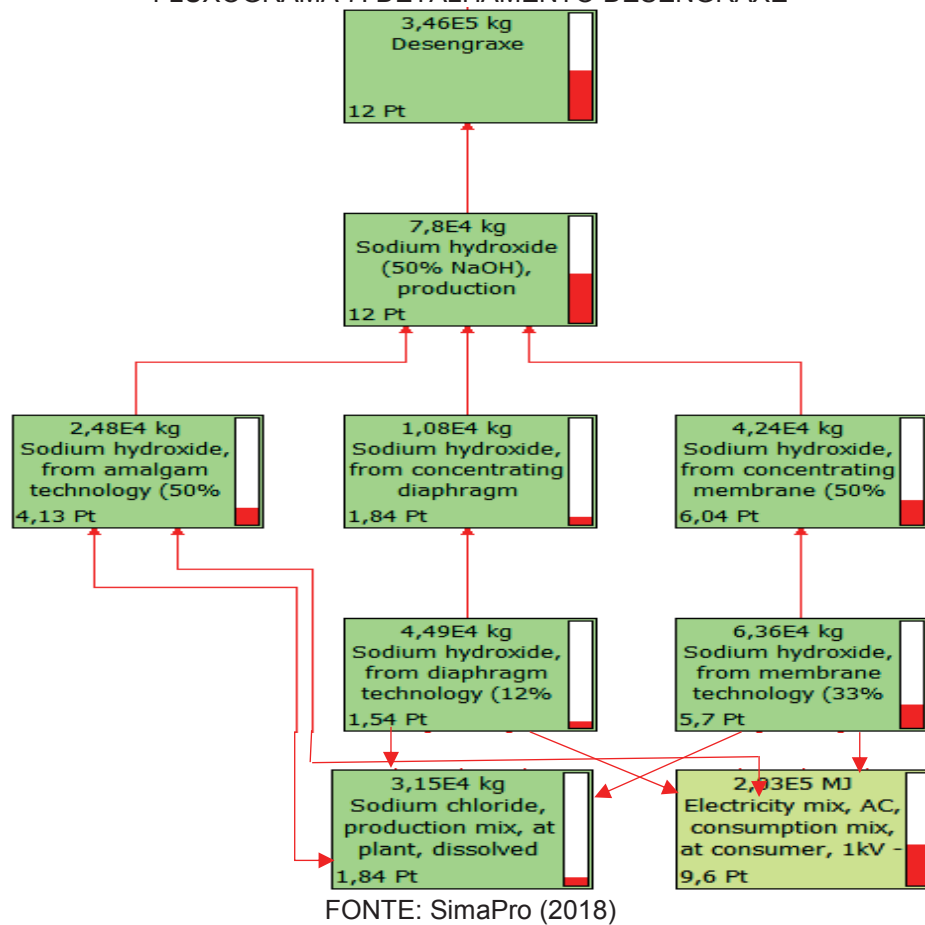
Uma vez que os resíduos não foram disponibilizados, observa-se que na base IMPACT 2002+, não foi acusado nenhum impacto ambiental da água. Devido a isto, foi utilizado no próprio SimaPro a base *Water Scarcity*, para se constatar os impactos que a água causa, conforme gráfico 2:



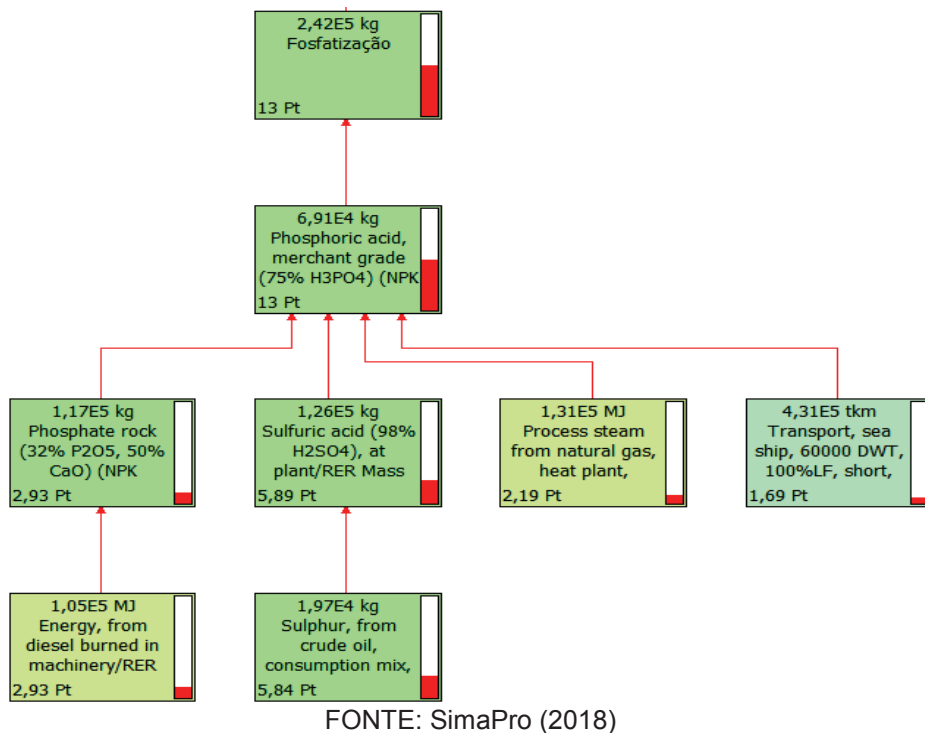
4º Fase: Interpretação

Para verificar e interpretar o gráfico gerado na 3º fase e saber as fontes geradoras dos principais impactos (desengraxe e fosfatização) na cadeia produtiva das matérias primas utilizadas, foi acessado pelo *software* SimaPro, a rede de produção dos produtos (APÊNDICE 3), conforme fluxogramas 7 e 8:

FLUXOGRAMA 7: DETALHAMENTO DESENGRAXE



FLUXOGRAMA 8: DETALHAMENTO FOSFATIZAÇÃO



Sendo assim, resumidamente, conforme tabela 8:

TABELA 8: CATEGORIA DE IMPACTOS AMBIENTAIS POR PROCESSO

Impacto	Fase		
	Desengraxe	Fosfatização	Lavagens
Energia não renovável	Queima de combustíveis fósseis	Queima de combustíveis fósseis	
Aquecimento global	Produção de NaCl Queima de combustíveis fósseis	Produção de H ₂ SO ₄ Queima de combustíveis fósseis	
Respiração por agentes inorgânicos	Extração de NaCl	Extração do fosfato de rochas	
Redução de recurso natural	Uso da água	Uso da água	Uso da água

FONTE: SimaPro (2018)

Portanto, para os impactos ambientais, dentro da ACV do processo de tratamento de superfície de carrocerias, se tem as emissões de:

- SO₂ na produção do H₂SO₄;
- CH₄ na extração de combustíveis;
- CO e CO₂ na queima de combustíveis fósseis;
- particulados na extração de recursos minerais;
- Cl na produção do NaOH (Cl liberado, ataca o O₃ e reduz a camada de ozônio).

4.2.1 Análise SWOT natural da avaliação do ciclo de vida

Conforme apresentado no item 3.3 foi realizado a análise SWOT da ferramenta ACV aplicada, onde pode-se extrair as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

Ao contrário do VSM a ACV visualizou as questões ambientais e demonstrou os impactos ambientais associados ao sistema de tratamento de superfície de carrocerias e não os custos percebidos pela gestão, uma vez que os critérios se pautam na natureza das matérias primas utilizadas.

Sendo assim, a ACV fica em segundo plano frente as reduções de custos operadas pela manufatura enxuta, mesmo porque os investimentos em eliminação e redução de resíduos são de alto custo para as empresas.

Nesta linha de raciocínio é que se construiu a análise SWOT da ACV, conforme figura 10, com o apoio das visitas técnicas realizadas (APÊNDICE 1), questionários (APÊNDICE 2) e percepções apreendidas pelo pesquisador.

FIGURA 10 – ANÁLISE SWOT NATURAL ACV



FONTE: O autor (2018)

Portanto, como bem esclarecido por Vinodh et al (2016), para que as questões ambientais não voltem a um segundo plano, conforme realizado no quadrante das fraquezas, é necessário que o setor industrial entenda o impacto ambiental de seus produtos em cada fase do processo de produção.

Assim, conforme o campo oportunidades, um alinhamento entre VSM e ACV se faz necessário, reforçando o trabalho de Aguado et al (2013) que ressalta a necessidade de uma mudança de foco nas aplicações de diferentes ferramentas, pois a globalização mudou a visão do mundo quanto ao valor de produto.

4.3 ANÁLISE DE INTEGRAÇÃO ENTRE VSM E ACV

Com base na revisão bibliográfica das ferramentas, ACV e VSM, verificou-se que ambas se dividem em quatro fases, conforme tabela 9:

TABELA 9: FASES DO VSM E ACV

FASES	VSM	ACV
FASE 1	Definição do processo a ser mapeado	Definição de objetivo e escopo
FASE 2	Mapeamento do estado atual	Análise de inventário
FASE 3	Levantamento dos valores agregados e não agregados	Avaliação de impactos
FASE 4	Simulação do estado futuro	Interpretação

FONTE: O próprio autor (2018)

Neste sentido, partiu-se desta similaridade inicial do número de fases para a realização da análise de integração proposta no trabalho.

Sendo assim, através da aplicação prática das ferramentas, foi possível avaliar os pontos de maior destaque em cada fase:

VSM

- Fase 1 - Foco em melhoria de competitividade com destaque para a redução de custos;
- Fase 2 - Foco nos tempos, equipamentos, mão de obra e consumos de energia e água para a realização do mapeamento do estado atual;
- Fase 3 - Aplicação dos 7 princípios de desperdícios (Quadro 3);
- Fase 4 - Construção de um plano de ação específico e obtenção de uma visão prévia antes da aplicação real das ações.

ACV

- Fase 1 - Foco nos impactos ambientais, com uma definição específica de aplicação (Tabela 4);
- Fase 2 - Estabelecimento dos limites do processo para o inventário de matéria prima e resíduos;
- Fase 3 - Avaliação dos impactos ambientais através de um *software* específico;
- Fase 4 - Interpretação com base na rede de produção de produtos (berço ao túmulo).

Além do exposto, observou-se similaridades entre as ferramentas, tais como:

- a) definição do processo a ser estudado;
- b) tratativa do consumo de energia e água;
- c) estabelecimento do fluxo de materiais;
- d) construção de ações;
- e) visão prévia da melhoria.

Com base no levantamento dos pontos de destaque, similaridades e com a aplicação prática, foi possível construir com maior detalhamento os pontos comuns e não comuns entre as ferramentas, conforme a tabela 10:

TABELA 10: PONTOS EM COMUM ENTRE A ACV E VSM

VSM			ACV
Definição do processo a ser mapeado	Comum	Não comum	Definição de objetivo e escopo
Foco em redução de custos		X	
Define-se o processo a ser mapeado	X		Define-se o processo a ser trabalhado
		X	Unidade funcional, função, fluxo de referência, fluxo intermediário, fluxo elementar e limites do processo
		X	Foco em redução de impactos ambientais
Mapeamento do estado atual	Comum	Não comum	Análise de inventário
Horários de trabalho		X	
<i>Takt time</i>		X	
<i>Lead time</i>		X	
Capacidade produtiva		X	
Tempo por processo		X	
Consumo de energia	X		Consumo de energia
Consumo de água	X		Consumo de água
Quantidade de mão de obra		X	
Análises realizadas		X	
Fluxos de informações		X	
Fluxos de materiais	X		Fluxos de materiais
		X	Resíduos
		X	Matérias primas utilizadas
Levantamento dos VAs e NVAs	Comum	Não comum	Avaliação de impactos
Identificação dos 7 princípios de desperdícios		X	
Identificação de equipamentos (desligados/quebrados)		X	
		X	Impacto ambiental
		X	Software específico
Simulação do estado futuro	Comum	Não comum	Interpretação
Construção de ações	X		Construção de ações
Visão prévia da melhoria	X		Visão prévia da melhoria
		X	Identificação das fontes geradoras

FONTE: O próprio autor (2018)

Na tabela 10, observou-se 6 pontos em comum e 18 pontos que não se cruzam diretamente, sendo que, neste sentido, existe um potencial de integração destes 18 pontos distribuídos nas respectivas etapas das ferramentas.

4.3.1 SWOT emparelhada entre VSM e ACV

Para a identificação dos pontos de força, fraquezas, oportunidades e ameaças da utilização da integração entre as ferramentas ACV e VSM, foi realizada a análise crítica das matrizes SWOT da ACV e do VSM obtidas nas seções 4.1.1 e 4.2.1, conforme item 3.3 (SWOT emparelhada).

a) primeiro passo: emparelhamento inicial dos eixos comuns

S-S→ visão de impacto ambiental abrangente (rede geradora dos impactos), software SimaPro com formato “amigável”, visão específica

sobre uma unidade funcional, delimitação das fronteiras do sistema, foco em custos, envolvimento das pessoas e foco no cliente;

W-W → ficar em segundo plano, não atingir custos diretamente, falta de abertura das empresas, visão ambiental fim de tubo, priorização dos custos sem análise de impacto ambiental e sistema “engessado” para mudanças físicas;

O-O → treinamento multidisciplinar dos interlocutores, alinhamento com produção enxuta, possibilidade de comparar impactos entre diferentes matérias primas, estender as fronteiras do sistema, agregar visão ambiental nas decisões, treinamento multidisciplinar, estratificar os consumos por fase, reduzir consumo de água e energia, agregar valor nos resíduos gerados e desligamentos em horários sem carrocerias;

T-T → escolha do método (falta de visão completa), tempo demandado para análise e levantamento de dados, fiscalização ambiental, imagem de marca, erro humano e controles terceirizados.

- b) segundo passo: realizado a análise crítica dos eixos comuns, em que pese a unificação de questões similares e a manutenção de pontos específicos e gerado os eixos emparelhados.

S-O → visão de impacto ambiental abrangente (rede geradora dos impactos), software SimaPro com formato “amigável”, visão específica sobre uma unidade funcional, delimitação das fronteiras do sistema, foco em custos, envolvimento das pessoas, foco no cliente, treinamento multidisciplinar dos interlocutores, alinhamento com produção enxuta, possibilidade de comparar impactos entre diferentes matérias primas, estender as fronteiras do sistema, agregar visão ambiental nas decisões, treinamento multidisciplinar, estratificar os consumos por fase, reduzir consumo de água e energia, agregar valor nos resíduos gerados e desligamentos em horários sem carrocerias;

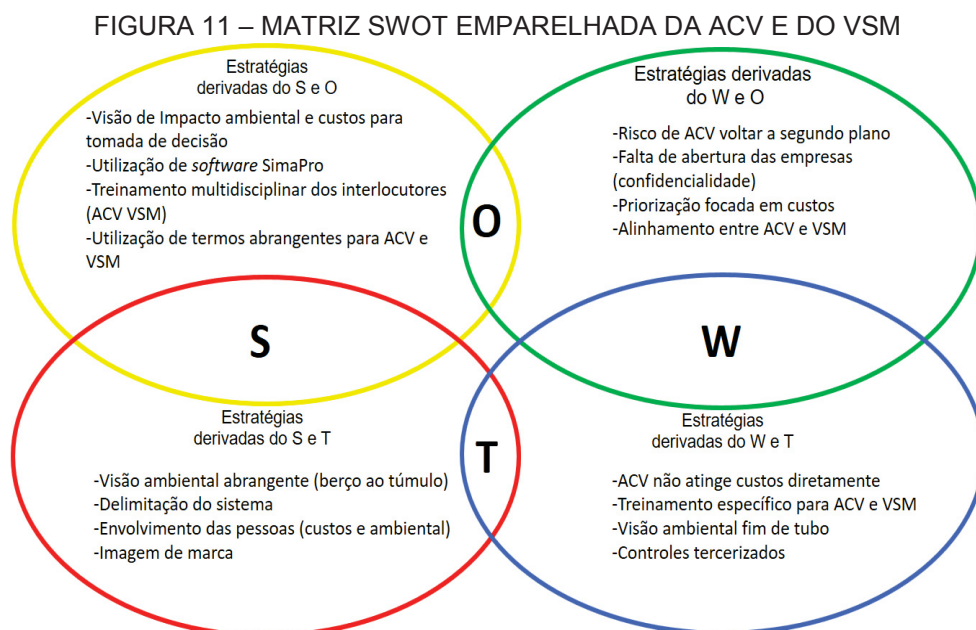
W-O → ficar em segundo plano, não atingir custos diretamente, falta de abertura das empresas, visão ambiental fim de tubo, priorização dos custos sem análise de impacto ambiental, sistema “engessado” para mudanças físicas, treinamento multidisciplinar dos interlocutores, alinhamento com produção enxuta, possibilidade de comparar impactos entre diferentes

matérias primas, estender as fronteiras do sistema, agregar visão ambiental nas decisões, treinamento multidisciplinar, estratificar os consumos por fase, reduzir consumo de água e energia, agregar valor nos resíduos gerados e desligamentos em horários sem carrocerias;

W-T → ficar em segundo plano, não atingir custos diretamente, falta de abertura das empresas, visão ambiental fim de tubo, priorização dos custos sem análise de impacto ambiental, sistema “engessado” para mudanças físicas, escolha do método (falta de visão completa), tempo demandado para análise e levantamento de dados, fiscalização ambiental, imagem de marca, erro humano e controles terceirizados;

S-T → visão de impacto ambiental abrangente (rede geradora dos impactos), software SimaPro com formato “amigável”, visão específica sobre uma unidade funcional, delimitação das fronteiras do sistema, foco em custos, envolvimento das pessoas, foco no cliente, escolha do método (falta de visão completa), tempo demandado para análise e levantamento de dados, fiscalização ambiental, imagem de marca, erro humano e controles terceirizados;

- c) terceiro passo: realizada a análise crítica dos eixos emparelhados do segundo passo, em que pese a unificação de questões similares e a manutenção de pontos específicos e construído a matriz emparelhada, conforme figura 11.



FONTE: O próprio autor (2018)

Sendo assim, com base na matriz emparelhada e na análise realizada na seção 4.3, observou-se as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças da integração entre ACV e VSM.

Portando, foi verificado que ambas as ferramentas possuem pontos de destaque e podem contribuir na construção de um modo integrado (tabela 10).

4.4 MODO INTEGRADO

Com base na análise realizada no item 4.3, foi possível a construção de uma proposta de quatro fases do modo integrado das ferramentas VSM e ACV:

1º Etapa: Definição de objetivo e escopo do processo a ser mapeado

Na metodologia integrada a escolha do produto ou processo a ser aplicado permite pautar os seguintes pontos:

- Custo gerado para a empresa;
- Expectativa do cliente;
- Necessidade de reorganização de processo;
- Avaliação do impacto/risco ambiental gerado pelo sistema atual ou futuro.

Verifica-se ainda, que a aplicação do quadro 5, proveniente da ACV, auxiliará na definição de parâmetros mais assertivos que no VSM.

2º Etapa: Mapeamento do estado atual

Aqui realiza-se o inventário dos dados de entrada e saída associados ao sistema em estudo onde se identifica e quantifica estes dados.

Esta etapa, envolve a coleta de dados para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto.

O mapeamento do estado atual necessita de representações gráficas dos processos, fluxos de materiais e informações e pela aplicação prática, os símbolos provenientes do VSM, conforme apresentado no quadro 2, atenderiam a necessidade do mapeamento a ser realizado nesta fase.

3º Etapa: Levantamento dos valores agregados e não agregados

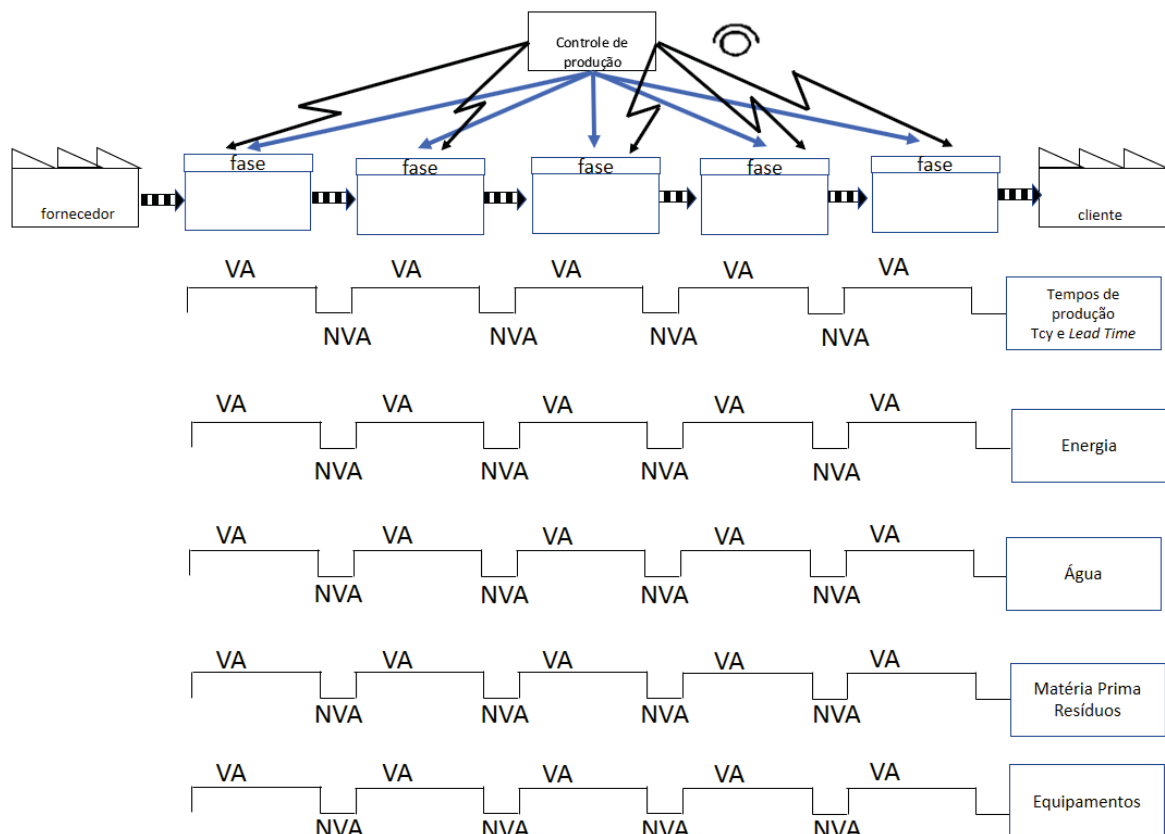
Uma das características desta etapa, é conseguir visualizar e separar os elementos que agregam valor (VA) dos que não agregam valor (NVA).

Esta etapa foca nas entradas e saídas e também nos fluxos intermediários que podem ser afetados por equipamentos, mão de obra, matéria prima, resíduos, fluxos de informação, entre outros.

Os princípios aplicados no VSM, quadro 3, auxiliarão na visualização dos elementos desnecessários, com a ideia básica de produzir apenas o necessário, no momento correto e na quantidade requerida.

Com esta metodologia se desenvolve uma avaliação mais completa dos VAs e NVAs das questões ambientais e de produtividade no mesmo mapeamento, conforme fluxograma 9.

FLUXOGRAMA 9: MAPEAMENTO METODOLOGIA INTEGRADA



FONTE: Tabanli et al (2013), adaptado pelo autor (2018)

4º Etapa: Simulação do estado futuro

A aplicação da última fase da técnica permite uma melhor gestão, incluindo as melhores práticas para reduzir e eliminar custos/resíduos, selecionar produtos e criar um futuro melhor e mais próximo do ideal para a organização (ambiental e financeiros), além de propor uma visão futura construída em um planejamento de ações de melhorias.

Sendo assim, constrói-se um estado futuro através de um novo mapeamento de processo, com base nas ideias de melhoria e oportunidades identificadas onde se tem o comparativo da situação real frente a situação futura.

Com base em gráficos, softwares (SimaPro), fluxos de entrada e saída e *layout*, os resultados são sumarizados e discutidos como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com a definição de objetivo e escopo.

Desta forma delineou-se fase a fase a integração para futuras aplicações, que resumidamente é representada na figura 12:



FONTE: O próprio autor (2018)

Portanto, a figura 12 contempla resumidamente a integração dos itens atinentes a ACV (amarelo) e o VSM (verde) em um único fluxo, que segue quatro etapas com a finalidade de auxiliar em uma visão mais abrangente dos processos a serem analisados, pois engloba não somente a visão de produtividade/custos, como também a ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A competitividade inerente a empresa escolhida, que se insere no setor automobilístico é elevado e evitar falhas, otimizar processos, reduzir desperdícios, atender as legislações, dentre outros, são cruciais para se manter no mercado.

Neste sentido, a indústria busca constantemente metodologias e ferramentas para o alcance de seus desafios.

Sendo assim, buscou-se aplicar individualmente dois métodos distintos, em que pese o VSM com uma visão mais aderente a reduções que impactam custos e a ACV com um direcionamento ligado a demonstração dos impactos ambientais e fontes geradoras destes.

Observou-se, nos métodos, particularidades e semelhanças entre as etapas/fases, conforme demonstrado na tabela 9 e 10, além da possibilidade de aplicá-los em um mesmo processo, conforme projeto executado, conferindo cada um à sua visão.

Portanto, com o mapeamento de fluxo e valor foi possível identificar os pontos que estão agregando ou não valor para o processo, com uma visão de produtividade, especialmente ligada ao *layout* e tempos de processo.

Já a aplicação da ACV no ambiente industrial tem como oportunidade conferir subsídios à direção na tomada de decisões que podem gerar impactos ao meio ambiente, ou seja, abranger não só as questões de produtividade, mas também as questões da natureza e forma do impacto ambiental gerado.

O estudo ofereceu uma visão global dos processos, tanto em aspectos ambientais quanto produtivos, aplicados em um mesmo caso prático e ainda ofertou uma análise e uma proposta de integração entre as ferramentas VSM e ACV.

Contudo, pode-se destacar prós e contras, quanto à integração da aplicação das ferramentas:

Prós

- a) visualização de problemas de diferentes naturezas (ambiental e produtividade);
- b) otimização de mão de obra (a mesma pessoa treinada em ACV e VSM);
- c) possibilidade de aplicação/integração da ACV e do VSM em um mesmo processo;
- d) conferir informações mais abrangentes (ambiental e produtividade).

Contras

- a) tempo de aplicação das duas ferramentas;
- b) tempo de treinamento para se ter uma pessoa capacitada em ACV e VSM.

Sugestão de trabalhos futuros

- a) aplicar a ferramenta integrada em outros casos práticos;
- b) aplicar as melhorias de processo com foco em redução de matérias primas, agregando uma análise seis sigma nos controles de processo;
- c) aplicar a ferramenta visualizando troca de matérias primas com melhoria em aspectos ambientais e custos (nanotecnologia).

REFERÊNCIAS

- Alvandi, S. **Economic and environmental value stream map (E2VSM) simulation for multi-product manufacturing systems**. Austrália, 2016: International Journal of Sustainable Engineering, <http://dx.doi.org/10.1080/19397038.2016.1161095>.
- Alvarez, Maria Esmeralda Ballestero. **Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo**. São Paulo: Atlas, 2001.
- Aguado, Sergio. **Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation**. Espanha, 2013: Journal of Cleaner Production, 41: (141-148).
- Andrade, P.F. et al. **Value stream mapping and lean simulation: a case study in automotive company**. Londres, 2016: Int Journal Adv Manufacturing Technology, 85: (547–555).
- Angelakoglou, K. **A review of methods contributing to the assessment of the environmental sustainability of industrial systems**. Grécia, 2015: Journal of Cleaner Production, xxx: (1-23).
- Ball, Jonathan. **Can ISO 14000 and eco-labeling turn the construction industry green?** UK, 2002: Building and Environment, 37: (421-428).
- Banczek, E. ; OLIVEIRA, MARILEI; CUNHA, MAICO; RODRIGUES, PAULO. **Study of the Electrochemical Behaviour of Tolitrtriazole in Phosphating Bathings of Carbon Steel 1008**. Portugaliae Electrochimica Acta 23; 379 – 391, 2005.
- Barla, Semra Birgum. **A case study of supplier selection for lean supply by using a mathematical model**. Turquia, 2007. Logistics Information Management, 16: (451-459).
- Baudino, Claudio et al. **Integrated Methodologies (SWOT, TOWS, LCA) for Improving Production Chains and Environmental Sustainability of Kiwifruit and Baby Kiwi in Italy**. Itália, 2017: Sustainability, 9, 1621.
- Bonilla, Silvia H. **The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue**. Brasil, 2010: Journal of Cleaner Production, 18: (1-5).
- Botti, Lucia et al. **Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line**. Itália, 2017: Computers and Industrial Engineering, 111: (481-491).
- Camilo, Deise Mariana. **Avaliação dos parâmetros do processo de fosfatização tricatiônica**. Lorena, 2011: Monografia apresentada para a conclusão do curso de Engenharia Química.

Cape, Thomas W. **Chemfill Corporation, Phosphate conversion coatings**. ASM Handbook; Vol.13; pp-869-882.

Carvalho, Ana et al. **From a literature review to a framework for environmental process impact assessment index**. Portugal, 2014: Journal of Cleaner Production, 64: (36-62).

Chase, Richard B.; Jacobs, F. Robert; Aquiliano, Nicholas J. **Administração da Produção e Operações para vantagens competitivas**. São Paulo, 2006: McGrawHill.

Chemetall. **Processo de Fosfatização**. Chemetall do Brasil Ltda. 2007.

Cheung, Wai. **Incorporating lean thinking and lyfe cycle assessment to reduce environmental impacts of plastic injection moulded products**. Reino Unido, 2017: Journal of Cleaner Production, 167: (759-775).

Chiarini, Andrea. **Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers**. Itália, 2014: Journal of Cleaner Production, 85: (226-233).

Clardy, Alan. **Strengths vs. Strong Position: Rethinking the Nature of SWOT Analysis**. USA, 2013: Modern Management Science & Engineering, v1, nº1.

De Bem, Patrícia Peters Tetto. **Minimização do efluente gerado em pré-tratamento de pintura automotiva: um caso industrial**. Curitiba, 2008: UFPR.

Domingo, R., et al. **Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study**. 2007: Assembly Autom., 27: (141-147).

Domingo, Rosario. **Overall Environmental Equipment Effectiveness as a Metric of a Lean and Green Manufacturing System**. Espanha, 2015: Sustainability, 7: (9031-9047).

Drumond, H. **Movimento pela qualidade: de que o gerenciamento de qualidade total realmente trata**. São Paulo: Littera Mundi, 1998.

Environmental Protection Agency (EPA). **Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance**. Estados Unidos: 2003.

Environmental Protection Agency (EPA). **Life Cycle Assessment : Principles and Praticice**. Estados Unidos: 2006.

Finkbeiner, M. et al. **Towards Life Cycle Sustainability**. Berlin: 2010. Sustainability, 2: (3309-3322).

Finkbeiner, M. **From the 40s to the 70s – the future of LCA in the ISO 14000 family.** Berlin, 2013: Int Journal Life Cycle Assessment, 18: (1-4).

Gao, Xueping et al. **Employing SWOT Analysis and Normal Cloud Model for Water Resource Sustainable Utilization Assessment and Strategy Development.** China, 2017: Sustainability, 9, 1439.

Galvano. **Catálogo de Produtos.** 2011. <http://www.galvano.com.br/>. Acesso em: 20.05.2017

Gentil, V. **Corrosão.** 3. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

Ghinato, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time.** 1. ed. Caxias do Sul: EDUSC, 1996.

Ghinato, Paulo. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações.** 2000.

Gil, José Sileno Bernardes et al. **O planejamento estratégico, o consumo de água na indústria automobilística e a certificação ambiental.** São Paulo, 2007: XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.

Gonzalez MA (2014). **Environmental protection for sustainability.** Clean Technology Environmental Policy, 164: (673–674).

Granly, M. Bjorg et al. **SEM and sustainability: experiences with ISSO 14001 and Eco-Lighthouse in Norwegian metal processing SMEs.** Noruega, 2014: Journal of Cleaner Production, 64: (194-204).

Gruss, B. **Iron Phosphating.In Metal Finish.** New York. Disponível em: http://www.metalfinishing.com/WZ/MetalFinishing/guidebooks/organic_Pretreatme
Acesso em: 30.07.2017

Guerreiro, Maria Aparecida Vieira. **Avaliação de processo de fosfatização.** Rio Grande do Sul, 2009: Monografia apresentada para a conclusão do curso de Engenharia de Materiais.

Gupta, Vitul et al. **Can lean to lead to green? Assessment of radial tyre manufacturing processes using system dynamic modelling.** Índia, 2018: Computers and Operations Research, 89: (284-306).

[https://www.epa.gov/lean/lean-thinking-and-methods-cellular-manufacturing:](https://www.epa.gov/lean/lean-thinking-and-methods-cellular-manufacturing)
acessado em 12.07.2017 às 13:47

Heravi, Gholamreza et al. **Production process improvement of buildings' prefabricated steel frames using value stream mapping.** Londres, 2017: Int Journal Adv Manufacturing Technology, 89: (3307–3321).

Hoogmartes, et al. **Bridging de gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools.** Bélgica, 2014: Environmental Impact Assessment Review, 48: (27-33).

Jijakli, Kenan. **How green solar desalination really is? Environmental assessment using life-cycle analysis (LCA) approach.** Emirados Árabes Unidos, 2012: Desalination, 287: (123-131).

Kasofu, Abhinaya et al. **Analysing an automotive testing process with evidence-based software engineering.** Suíça, 2013: Information and Software Technology, 55: (1237-1259).

Kausch, Matteo F. **Response to ‘Are Cradle to Cradle certified products environmentally preferable? Analysis from LCA approach.** USA, 2016: Journal of Cleaner Production, 113: (715-716).

Laforest, V. **Choosing cleaner and safer production practices through a multi-criteria approach.** França, 2013: Journal of Cleaner Production, 47: (490-503).

Lasa, IS, et al. **An evaluation of the value stream mapping tool.** Espanha, 2008: Business Process Management Journal, 14: (39–52).

Liker, JEFFREY K. **O Modelo Toyota.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

Maia, Rafaella Dias de Almeida. **O Value Stream Mapping e sua relação com os princípios da abordagem enxuta: Proposição de uma sistemática expandida para a gestão do lead time.** Brasil, 2010: ABEPRO, XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. Marchwinski, Chet; Shook, John. **Léxico lean.** São Paulo, 2003: Lean Institute Brasil.

Martinez, Paulo Henrique. **História e meio ambiente: Considerações sobre a formação continuada em pesquisa, ensino e aprendizado.** São Paulo, 2002: UNESP.

Martins, Petrônio G. LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva, 5ª ed., 2005.

Maruthi, G. Dilip. **Green Manufacturing: It's Tools and Techniques that can be implemented in Manufacturing Sectors.** Índia, 2015: Materials Today: Proceedings, 2: (3350 – 3355).

Mittal, Varinder Kumar. **Prioritizing Barriers to Green Manufacturing: Environmental, Social and Economic Perspectives.** Índia, 2014: Procedia CIRP, 17: (559 – 564).

Naji, Ayman et al. **Integration of Value Stream Map and Strategic Layout Planning into DMAIC Approach to Improve Carpeting Process.** Alemanha, 2017: Journal of Industrial Engineering and Management, 10: (74-97)

Narayanaswamy, V. **Resource flow and product chain analysis as practical tools to promote cleaner production initiatives.** Austrália, 2013: Journal of Cleaner Production, 11: (375–387).

Nogueira, Luciana Soares et al. **Plano de prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia**. Goiás, 2008: PUC-GO.

Nyland, Cecilia Askham. **Cleaner production and sustainability**. Noruega, 2005: Journal of Cleaner Production, 13: (329-339).

Ohno, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre, 1997.

Pero, Francesco Del et al. **The effect of lightweighting in automotive LCA perspective: Estimation of mass induced fuel consumption reduction for gasoline turbocharged vehicles**. Itália, 2017: Journal of Cleaner Production, 154: (566-577).

Pirraglia, Adrian. **Measuring environmental improvements image in companies implementing green manufacturing, by means of a fuzzy logic model for decision-making purposes**. Ucrânia, 2012: Int J Adv Manuf Technol, 61: (703–711).

Prajogo, Daniel et al. **Do firms get what they want from ISO 14001 adoption? An Australian perspective**. Austrália, 2012: Journal of Cleaner Production, 33: (117:126).

PRYSHIAKIVSKY, et al. **Fifteen years of ISO 14040: a review**. Canadá ,2013: Journal of Cleaner Production, 57: (115-123)

Reis, F. M. dos; BARITS, R. **A Fosfatização**. São Paulo: Assahi Gráfica e Editora Ltda. 2004.

Revista meio filtrante, Ano 6- edição 17-Novembro/Dezembro, 2005.

Rodrigues, Marcus Vinicius. **Ações para a qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

Rosenthal, Isadore et al. **Use of an ISO 14000 Option in Implementing EPA's Rule on Risk Management Programs for Chemical Accidental Release Prevention**. Estados Unidos, 1998: Risk Analysis, v.18, nº2.

Rother, M., and J. Shook. **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda**. Cambridge, 2003: Lean Enterprise Institute.

Samuels, Andrews. **The future of Jungian analysis: strengths, weaknesses, opportunities, threats ('SWOT')**. Londres, 2017: Journal of Analytical Psychology, 62: (636–649).

Schwarz, Patrick. **Lean processes for optimizing OR capacity utilization: prospective analysis before and after implementation of value stream mapping (VSM)**. Alemanha, 2011: Langenbecks Arch Surg, 396: (1047–1053).

Slack, Nigel et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas: 1996.

Soubihia, Fouad Davi et al. **Green Manufacturing: Relationship between Adoption of Green Operational Practices and Green Performance of Brazilian ISO 9001-**

Certified Firms. Brasil, 2015: International Journal of Precision Engineering and Manufacturing – Green Technology, Vol. 2, No. 1: (95-98).

Tabanlı, Murat R. et al. **Value stream mapping and benefit–cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system— a case study.** Londres, 2013: Int Journal Adv Manufacturing Technology, 66: (987–1002)

Thamrin, Husni et al. **A rule based SWOT analysis application: a case study for Indonesian higher education institution.** Indonésia, 2017: 2nd international conference on computer science and computational intelligence.

Verma, Neha. **Energy Value Stream Mapping a Tool to develop Green Manufacturing.** Índia, 2016: Procedia Engineering, 149: (526-534)

Vianna, V. W. **Analysis of Energy Use in Industrial Automotive Processes: An Introduction to Sustainability.** Brasil, 2014.

Villas, Márcia R. Alves. **Processo de deposição de tintas por eletroforese e suas correlações com a qualidade.** Brasil: 2006: Dissertação de Mestrado Universidade Federal Fluminense.

Vinodh, S. **Integration of ECQFD and LCA for sustainable product design.** Índia, 2010: Journal of Cleaner Production, 18: (833-842).

Vinodh, S. **Life cycle assessment integrates value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing: a case study.** Índia, 2016: Clean Techn Environ Policy, 18: (279-295).

Wang, Xiaojia et al. **Strategic Choices of China’s New Energy Vehicle Industry: An Analysis Based on ANP and SWOT.** China, 2017: Energies, 10, 537.

Widiasih, Wiwin et al. **Development of integrated model for managing risk in lean manufacturing implementation: a case study in an Indonesian manufacturing company.** Indonésia, 2015. Procedia Manufacturing, 4: (282-290).

Wiemes, Leandro. **Utilização de lodos da indústria automobilística como componente de valor para fabricação de materiais cerâmicos.** Curitiba, 2013: UFPR.

Willers, C. D. et al. **Life cycle assessment in Brazil: a research in the major national bases scientific.** Brasil, 2012: Production, 23, 2.

Womack, J.P., Jones, D.T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation.** USA, 2003: Free Press.

Yilmaz, Ozge. **LCA as decision support tool for evaluation of best available techniques (BATs) for cleaner production of iron casting.** USA, 2015: Journal of Cleaner Production, 105: (337-347)

Zeng, S. X. **Cluster analysis for studying industrial sustainability: na empiral study in Shanghai.** China, 2008: Journal of Cleaner Production, 16: (1090:1097).

Zeng, S. X. **Impact of cleaner production on business performance.** China, 2010: Journal of Cleaner Production, 18: (975:983).

APÊNDICE 1

RELATÓRIO DE VISITA TÉCNICA - 1

1.INTRODUÇÃO

Descrição física do local visitado: Sistema de tratamento de superfície de carrocerias de uma empresa automotiva da região metropolitana de Curitiba/PR.

Data: março de 2017

Objetivos da visita:

- a) entender o estudo de caso;
- b) identificar as fases do sistema;
- c) identificar as matérias primas utilizadas;
- d) realizar o questionário 1.

2.DESENVOLVIMENTO

A visita técnica foi conduzida pelo especialista de engenharia da área do sistema de tratamento de superfície da empresa estudada.

Foi observado que o sistema de tratamento de superfície de carrocerias se encontra dentro do departamento de pintura e é gerido em parceria por uma empresa terceirizada que fornece os produtos químicos utilizados no processo.

A empresa terceirizada é de grande *know-how* na condução desta natureza de sistema e além da condução física do processo, também realiza as análises visuais e físico-químicas de controle.

Identificou-se as fases e estágios do processo, as matérias primas utilizadas, as análises realizadas no sistema e os resíduos gerados, conforme abaixo:

- a) fases e estágios: desengraxe (quatro estágios - 00, 01N, 01 e 02), lavagem (estágio 03), refinador (estágio 4), fosfatização (estágio 5) e lavagem (três estágios - 06, 07 e 08);
- b) matérias primas gerais: água, NaOH, H₃PO₄, tensoativos, titânio, fluoretos, Ni, Zn, Mn e aditivos;
- c) análises realizadas: temperatura, alcalinidade, pH, concentração de Zn, Ni, Mn, F, NO₃, acidez e condutividade;
- d) resíduos gerados: água + NaOH, óleo, graxa e limalha.

Ainda foi observado que os estágios se utilizam do método de aspersão (00, 03, 06 e 07) e imersão (01N, 01, 02, 04, 05, 08). A aspersão é realizada sob pressão por bicos direcionados para as carrocerias e a imersão destas é realizada em tanques.

3.CONCLUSÃO

Através da visita técnica realizada foi possível verificar a diversidade de produtos químicos que são utilizados no sistema de tratamento de superfície de carrocerias e também que o uso da água é um fator relevante nos estágios de lavagem e na diluição dos banhos.

Ainda foi possível observar que o sistema gera calor e libera vapores para o meio ambiente, além de parte do calor gerado.

Sendo assim, com base nos dados coletados nesta visita técnica e na realização do questionário 1 será possível delinear o estudo de caso e construir o fluxo geral do sistema de tratamento de superfície de carrocerias.

RELATÓRIO DE VISITA TÉCNICA - 2

1.INTRODUÇÃO

Descrição física do local visitado: Sistema de tratamento de superfície de carrocerias de uma empresa automotiva da região metropolitana de Curitiba/PR.

Data: maio de 2017

Objetivos da visita:

- a) Cronometragem das etapas/fases;
- b) Identificar o consumo de energia e água;
- c) Identificar os VAs e NVAs das etapas/fases;
- d) realizar o questionário 2.

2.DESENVOLVIMENTO

A visita técnica foi conduzida pelo técnico da empresa terceirizada que realiza os controles e o fornecimento de matérias primas para o sistema de tratamento de superfície da empresa estudada.

Com a utilização de cronômetro, foi realizado a cronometragem das etapas e fases do processamento das carrocerias, obtendo-se como tempo total do processo o valor de 1800 s, subdividido em: Desengraxe (715 s), Enxágue (175 s), Refinador (175s), Fosfatização (175 s), Enxágue (535 s) e observou-se ainda, que entre cada fase existe um tempo de deslocamento das carrocerias de 5 s, ou seja 20 s de deslocamento total.

Não foi possível medir em cada etapa/fase do processo o consumo de energia e água, pois não existem medidores individualizados. Assim, foi coletado o dado global do processamento com base em informações fornecidas pela empresa: energia (1,379 KWh/carro) e água (0,86m³/carro).

Ainda durante a visita identificou-se equipamentos quebrados: bomba separadora de água/óleo/limalha no sistema de desengraxe e insufladora de ar desligada no sistema do refinador.

3.CONCLUSÃO

Através da visita técnica realizada foi possível verificar os tempos inerentes a cada etapa/fase do sistema de tratamento de superfície de carrocerias e também os tempos de deslocamento entre as fases.

Ainda foi possível observar que o sistema não possui medidores individualizados para o cálculo de consumo de energia e água e que equipamentos essenciais para reduzir consumo de água e troca antecipada de banhos estavam quebrados/desligados.

Sendo assim, com base nos dados coletados nesta visita técnica e na realização do questionário 2, será possível construir o VSM, apontando os VAs e NVAs referentes aos tempos de processamento, energia e água do fluxo geral do

sistema de tratamento de superfície de carrocerias, além dos cálculos de capacidade de produção, *lead time* e *takt time*.

RELATÓRIO DE VISITA TÉCNICA - 3

1.INTRODUÇÃO

Descrição física do local visitado: Sistema de tratamento de superfície de carrocerias de uma empresa automotiva da região metropolitana de Curitiba/PR.

Data: julho de 2017

Objetivos da visita:

- a) Levantar a unidade funcional, função, fluxo de referência, fluxo intermediário e fluxo elementar;
- b) Estabelecer a divisão do processo em blocos;
- c) Realizar o questionário 3.

2.DESENVOLVIMENTO

Observou-se, junto com o supervisor da empresa terceirizada, que o produto final do sistema é a carroceria preparada para o próximo processo e que dentro do sistema se tem, em fluxo contínuo, 30 carrocerias e as matérias primas sendo aplicadas.

Ainda, as carrocerias sem preparo chegam do departamento de carroceria, passam pelo sistema de tratamento de superfície e são entregues preparadas ao sistema de cataforese.

A função primordial do sistema é auxiliar na anti-corrosão da carroceria e é usado em cada fase produtos específicos, conforme detalhado no questionário 3.

Viu-se que é utilizado água e energia em todas as fases (são abastecidas pelas redes de água-SANEPAR e energia-COPEL).

Ainda foi possível dividir o sistema em blocos de processo para uma melhor análise da ACV quando do inventário/lançamento dos dados (CQ1-desengraxe, CQ2-enxágue, CQ3-refinador, CQ4-fosfatização e CQ5-enxágue)

3.CONCLUSÃO

Com os dados desta visita, complementando as anteriores, é possível definir para a ACV:

A fronteira do sistema da entrada da carroceria no estágio 00 até a saída no estágio 08;

A unidade funcional como sendo 01 carroceria preparada;

A função do sistema a anti-corrosão;

O fluxo intermediário os produtos químicos e as carrocerias;

O fluxo elementar a eletricidade e a água;

O fluxo de referência as matérias primas em cada fase e ainda preparar os blocos para a análise de inventário.

RELATÓRIO DE VISITA TÉCNICA - 4

1.INTRODUÇÃO

Descrição física do local visitado: Sistema de tratamento de superfície de carrocerias de uma empresa automotiva da região metropolitana de Curitiba/PR.

Data: setembro de 2017

Objetivos da visita:

- a) Levantar o % de aplicação de cada produto;
- b) Realizar o questionário 4.

2.DESENVOLVIMENTO

O consumo e a concentração da matéria prima utilizada pela empresa analisada não foi disponibilizado devido a confidencialidade da informação/formulação.

3.CONCLUSÃO

Será necessário recorrer a pesquisa bibliográfica para poder realizar a análise da ACV do processo.

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO -1

Data: março de 2017

Entrevistado: especialista engenharia da área de tratamento de superfície

- a) No seu ponto de vista qual a importância do sistema de tratamento de superfície de carrocerias?
R. As questões de garantia à corrosão de 20 anos, a imagem de marca e a satisfação do cliente, pois uma superfície bem limpa, livre de ferrugem, isenta de graxas e sujidade oferece a base necessária para uma boa proteção por recobrimento.
- b) No que auxilia o processo TTS?
R. Aderência, redução da rugosidade e ataque atmosférico.
- c) Qual método de desengraxe é utilizado?
R. Aquoso com solução alcalina e no nosso caso os banhos utilizados contém sal alcalino junto com tensoativos e outros aditivos.
- d) Qual a temperatura dos banhos?
R. desengraxe e fosfatização na média de 55°C.
- e) Como são separados e tratados os resíduos?
R. Óleo e graxa por bomba separadora, limalha por barras magnéticas e a água com bases ou ácidos é por neutralização e filtros prensa. Os líquidos são enviados para o sistema de tratamento de efluentes e os sólidos enviados para incineração em empresa externa.
- f) Qual a função das lavagens?
R. Lavar a carroceria para que a mesma não contamine o banho seguinte e também para o resfriamento da carroceria.
- g) Para que serve o refinador?
R. Abaixar o pH da carroceria, pois um pH alto promove a precipitação dos fosfatos, que é a fase seguinte. Nesta fase é que se faz a ativação o qual irá permitir nuclear adequadamente os cristais de fosfato formados durante a posterior etapa.
- h) Para que serve a fosfatização?
R. É onde efetivamente ocorre a proteção que retardará a corrosão e melhorará a aderência da camada recobridora.
- i) Qual fosfatização é aplicada no sistema?
R. Fosfatização tricatiônica (Zn, Mn e Ni), pois é considerada uma das mais úteis na indústria automobilística.
- j) Atualmente o foco do processo está direcionado para que?
R. Redução de custos para a empresa.

QUESTIONÁRIO -2

Data: maio de 2017

Entrevistado: técnico da empresa terceirizada que fornece as matérias primas e realiza os controles de processo da área de tratamento de superfície.

- a) Quantos turnos de produção o sistema está em funcionamento?
R. Atualmente são 3 turnos de produção em 5 dias por semana.
- b) Quais os horários e intervalos que a empresa produz?
R. 40 min/turno para alimentação e 10 min/turno para pausas.
- c) Como o sistema de tratamento de superfície segue estes horários?
R. O sistema não para nestes horários, pois “normalmente” tem carrocerias para passar dentro dos banhos devido ao sistema empurrado.
- d) O sistema de tratamento de superfície é contínuo?
R. Sim.
- e) Como é consumida a matéria prima e garante-se a eficiência do sistema?
R. Através da aderência do fosfato na carroceria e pela manutenção dos % mínimos das especificidades de cada banho.
- f) Quais análises são realizadas no processamento?
R. Em todos os banhos temperatura e pH.
Desengaxe e Refinador: Alcalinidade e Concentração;
Fosfatização: Acidez e % de Zn, Ni, Mn, F e NO₃;
Enxague: Alcalinidade, acidez e condutividade.
- g) Qual a mão de obra necessária para conduzir o processamento?
R. Um técnico de processo por turno.
- h) Quais os fluxos de informação (verbal e eletrônico) são realizados para garantir o funcionamento do sistema?
R. Utilizado supervisórios e sensores para os fluxos de informação eletrônicos (todas as etapas) e a presença do técnico para a realização das análises e realizar os fluxos de informação verbal e visual (todas as etapas). Dispõe ainda de um laboratório para as análises, dentro do site da empresa e o próprio técnico realiza as mesmas.
- i) No que afeta os equipamentos que estão desligados/quebrados?
R. A bomba separadora desligada aumenta a troca dos banhos devido a contaminação e a insufladora de ar auxilia no resfriamento da carroceria e redução do uso de água para resfriamento.

- j) Por que não é feita a manutenção e ligação dos equipamentos?
R. Devido ao custo das peças para a bomba separadora e a insufladora consumir energia.
- k) Como se supre a falta da bomba separadora e da insufladora?
R. Para a bomba separadora troca-se os banhos quando estão contaminados e para a insufladora com o uso de mais água para resfriar a carroceria.
- l) Alguém calculou o custo do tratamento de efluentes com o não restabelecimento da bomba separadora e insufladora?
R. Não.
- m) O pensamento da empresa está direcionado neste caso em que?
R. Como a empresa terceirizada é contratada para conduzir o processo e as exigências em redução de custo são *top down* da empresa contratante (montadora), esta ao desligar um equipamento ou eliminar algum consumo de água/energia, acaba por forçar a empresa terceirizada com seus produtos, na mesma faixa de custo, suprir via matéria prima as reduções realizadas.

QUESTIONÁRIO -3

Data: julho de 2017

Entrevistado: supervisor da empresa terceirizada que fornece as matérias primas e realiza o acompanhamento do técnico de controles de processo da área de tratamento de superfície.

- a) Quais são os produtos aplicados em cada fase?
R. GARDOBOND 24 TE R (Solução fosfatizante para tratamento de superfícies metálicas), GARDOBOND ADITIVO H 7000 (Aditivo para processos de fosfatização), GARDOBOND ADITIVO H 7002 (Aditivo para processos de fosfatização), GARDOBOND ADITIVO H 7102 PC (Aditivo para processos de fosfatização), GARDOBOND ADITIVO H 7308 (Aditivo para tratamento superficial de metais), GARDOBOND ADITIVO H 7419 (Aditivo para tratamento superficial de metais), GARDOBOND R 24TE CVP (Solução de fosfatização para superfícies metálicas), GARDOLENE V 6513 (Agente de enxaguamento ativado para superfícies metálicas antes da fosfatização), GARDOLENE ZL 6 (Agente de enxaguamento ativado para superfícies metálicas antes da fosfatização), NEUTRALIZANTE ML 5 (Aditivo para tratamento de superfícies metálicas)
- b) Qual é o % de concentração de cada produto?
R. Conforme fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (ANEXO 2).
- c) Qual o peso da camada de fosfato que adere a carroceria?
R. 2,7g/m²
- d) Qual é a média de superfície das carrocerias que é aplicado o sistema de tratamento de superfície?
R. 87m²
- e) Qual é a quantidade de resíduo gerada em cada etapa/fase?
R. Não foi disponibilizado
- f) Qual é o volume dos tanques de cada etapa/fase?
R. 00 (20m³), 01N (95m³), 1 (95m³), 2 (95m³), 3 (85m³), 4 (85m³), 5 (210m³), 6 (85m³) 7 (85m³), 8 (20m³)
- g) Qual a garantia anti-corrosão que o processo confere?
R. 20 anos

QUESTIONÁRIO -4

Data: setembro de 2017

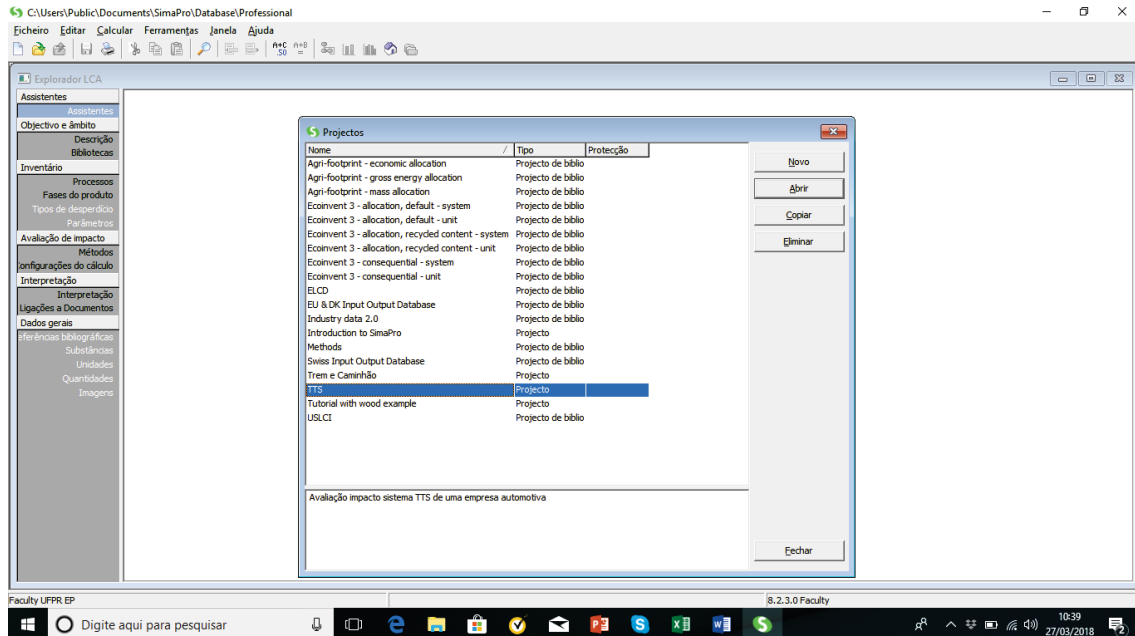
Entrevistado: supervisor da empresa terceirizada que fornece as matérias primas e realiza o acompanhamento do técnico de controles de processo da área de tratamento de superfície.

- a) Quais o % dos produtos aplicados em cada fase?
R. Devido a confidencialidade não foi disponibilizado
- b) Qual o peso dos resíduos gerados em cada fase?
R. Devido a confidencialidade não foi disponibilizado
- c) Qual a quantidade de água utilizada em cada fase?
R. Devido não se ter medidores específicos não foi possível obter este dado por fase
- d) Qual a energia utilizada em cada fase?
R. Devido não se ter medidores específicos não foi possível obter este dado por fase
- e) Qual o mix de produtos utilizados em cada fase?
R. Devido a confidencialidade não foi disponibilizado

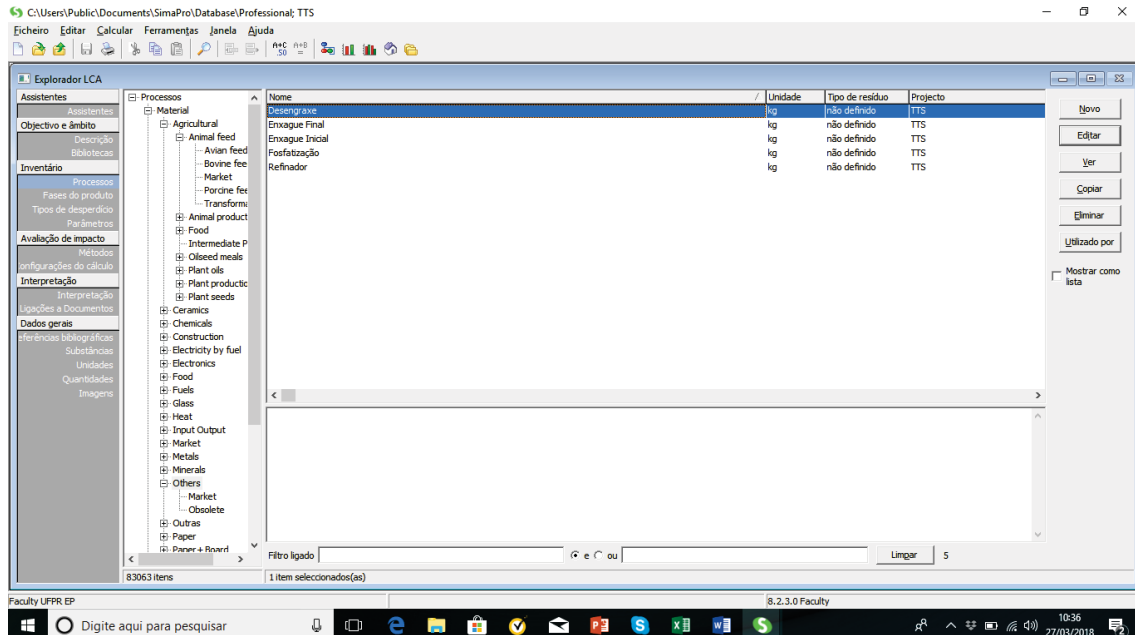
APÊNDICE 3

CRIAÇÃO DO PROJETO NO SOFTWARE SimaPro

1º - Dentro do sistema criou-se o projeto TTS;



2º - Dentro de Inventário→Processos, criou-se os estágios do sistema TTS;



3º - Dentro de cada estágio foi lançado os dados das matérias primas, conforme tabelas abaixo:

Fase	Desengraxe				Lavagem	Refinador	Fosfatização	Lavagem		
Estágio	0	01N	1	2	3	4	5	6	7	8
Tanque m3	20	95	95	95	85	85	210	85	85	20
Total m3	305				85	85	210	190		
NaOH m3	36,6				0	0	0	0		
H2O m3	268,4				85	72,25	173,25	190		
H2SO4 m3	0	0	0	0	0	12,75	0	0	0	0
H3PO4 m3	0	0	0	0	0	0	36,75	0	0	0

Convertendo os valores das matérias primas para Kg, conforme fórmula, $d=m/v$:

	Densidade (kg/m3)	Volume (m3)	Massa (kg)
NaOH	2130	36,6	77958
H2SO4	1840	12,75	23460
H3PO4	1880	36,75	69090
H2O desengraxe	1000	268,4	268400
H2O lavagem	1000	85	85000
H2O refinador	1000	72,25	72250
H2O fosfatização	1000	173,25	173250
H2O lavagem	1000	190	190000

A água se manteve em m3, quando foi lançada como matéria prima, pois a unidade é aceita dentro do *software* Simapro, porém quando integra o volume total da fase foi convertida para Kg, assim ficando compatível com as demais matérias primas, conforme exemplo abaixo:

Montado as fases do produto:

The screenshot shows the 'Editar montagem' window for 'TTS' in the Simapro software. The window is divided into several sections:

- Nome:** TTS
- Imagem:** (Empty field)
- Comentário:** Fases de TTS
- Estado:** Nenhum
- Materiais/Montagens:**

Material/Montagem	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2	Min	Máx	Comentário
Desengraxe	346358	kg	Indefinido				
Enxague Inicial	85000	kg	Indefinido				
Refinador	95710	kg	Indefinido				
Fosfatização	242340	kg	Indefinido				
Enxague Final	190000	kg	Indefinido				
- Processos:** (Empty table)

The bottom of the window shows a search filter and a 'Limpar' button.

Lançado os dados de cada fase:

The screenshot shows the 'Editar material processo' dialog for 'Desengraxe'. The dialog is divided into several sections:

- Documentação:** Shows the process name 'Desengraxe' and its unit 'kg'.
- Entrada/saída:** Contains two tables:

Produtos							
Nome	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de resíduo	Categoria	Comentário
Desengraxe	346358	kg	Mass	100 %	não definido	Others	
(Insira linha aqui)							
Entradas							
Entradas conhecidas da natureza (recursos)							
Nome	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD*2 eller 2*Min	Máx	Comentário
Water, unspecified natural origin, BR		268,4	m3	Indefnido			
(Insira linha aqui)							
Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis)							
Nome	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD*2 eller 2*Min	Máx	Comentário	
Sodium hydroxide (50% NaOH), production mix/RER Mass	77958	kg	Indefnido				
(Insira linha aqui)							

4º - Escolha do método a ser aplicado

The screenshot shows the 'Métodos' dialog in SimaPro. The 'Métodos' section is expanded, showing a list of methods. The 'IMPACT 2002+' method is highlighted in yellow. Below the list, the 'Normalzation/Weighting set' is also set to 'IMPACT 2002+'.

Métodos

Nome	Version	Project
OML-IA baseline	3.03	Methods
OML-IA non-baseline	3.02	Methods
Ecological Scarcity 2013	1.03	Methods
EDIP 2003	1.05	Methods
EPD (2013)	1.02	Methods
EPS 2000	2.08	Methods
TuCO 2011 Midpoint+	1.08	Methods
IMPACT 2002+	2.12	Methods
ReCPe Endpoint (E)	1.12	Methods
ReCPe Endpoint (H)	1.12	Methods
ReCPe Endpoint (I)	1.12	Methods
ReCPe Midpoint (E)	1.12	Methods
ReCPe Midpoint (H)	1.12	Methods
ReCPe Midpoint (I)	1.12	Methods

Normalzation/Weighting set

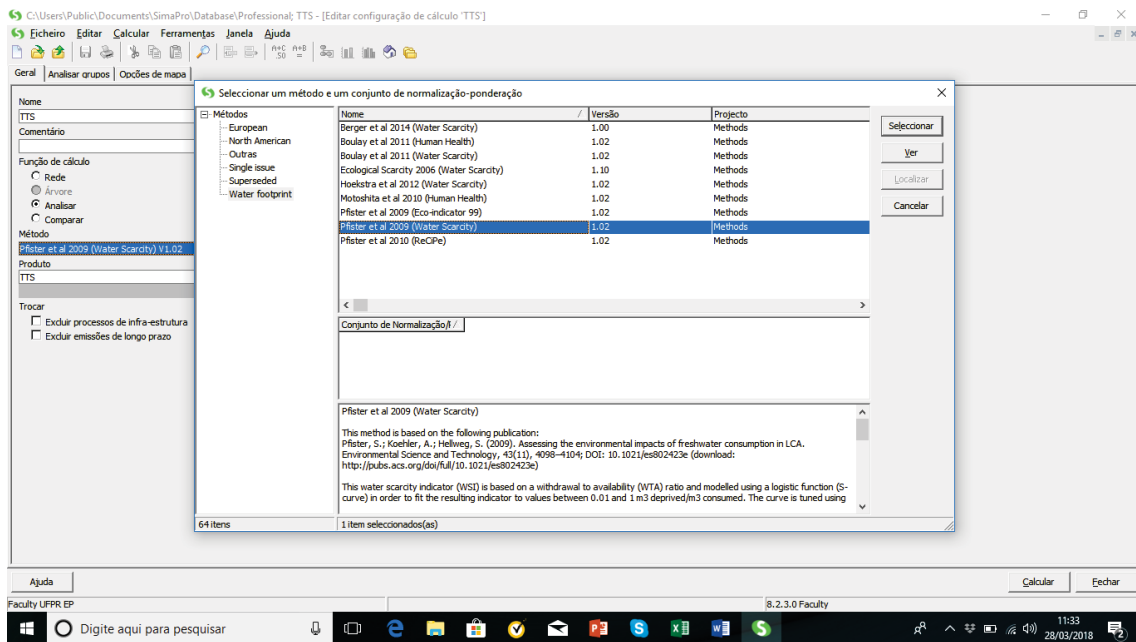
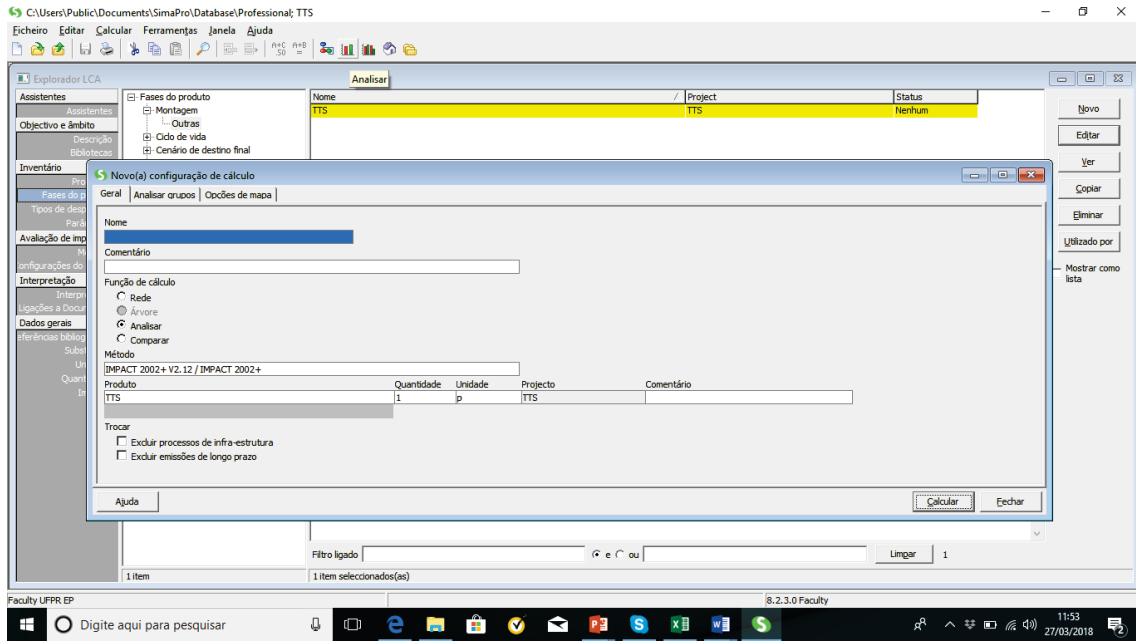
IMPACT 2002+

IMPACT 2002+ is a combination of four methods: IMPACT 2002 (Pennington et al. 2005), Eco-indicator 99 (Goedkoop and Spriensma. 2000, 2nd version, Egalitarian Factors), OML (Guinée et al. 2002) and IPCC.

About weighting: The authors of IMPACT 2002+ suggest considering the four damage oriented impact categories human health, ecosystem quality, climate change, and resources separately for the interpretation phase of LCA (see the IMPACT 2002+ user guidelines on <http://www.impactmodelling.org>). The authors also suggest that if aggregation is needed, one could use self-determined weighting factors or a default weighting factor of one. As a default SimaPro also offers this weighting of 1:1:1:1. They also strongly recommend using the weighting triangle which helps analyzing the different weightings, rather than taking a decision instead of the decision maker. As the weighting

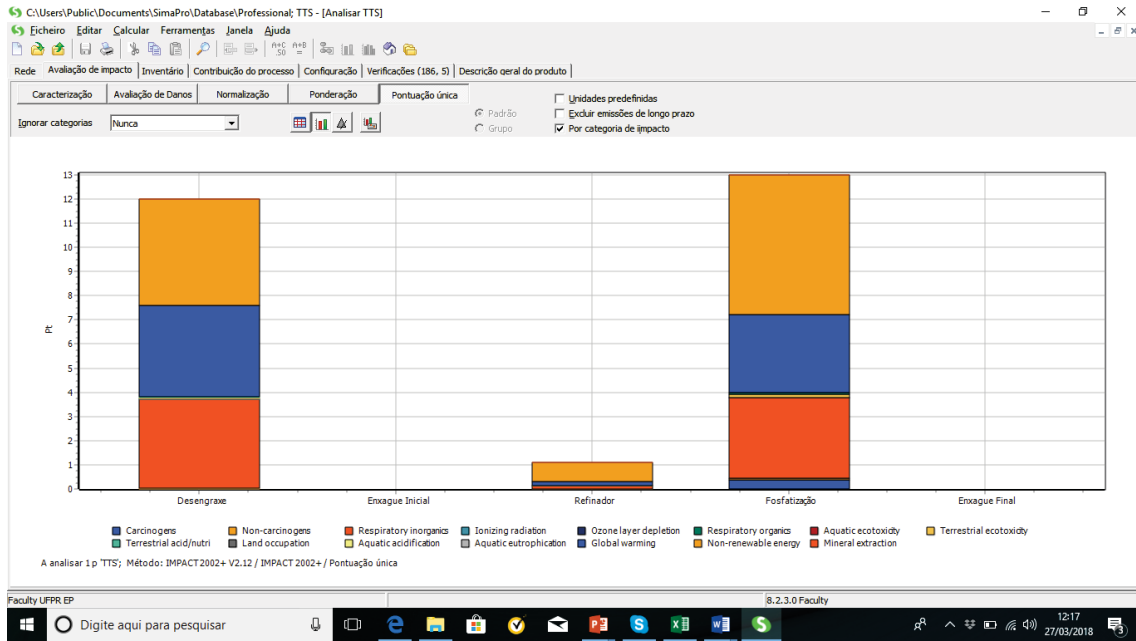
5º - Analisar e calcular

Método → IMPACT 2002+ para os produtos químicos e Pfister et al 2009 (Water Scarcity) para a água

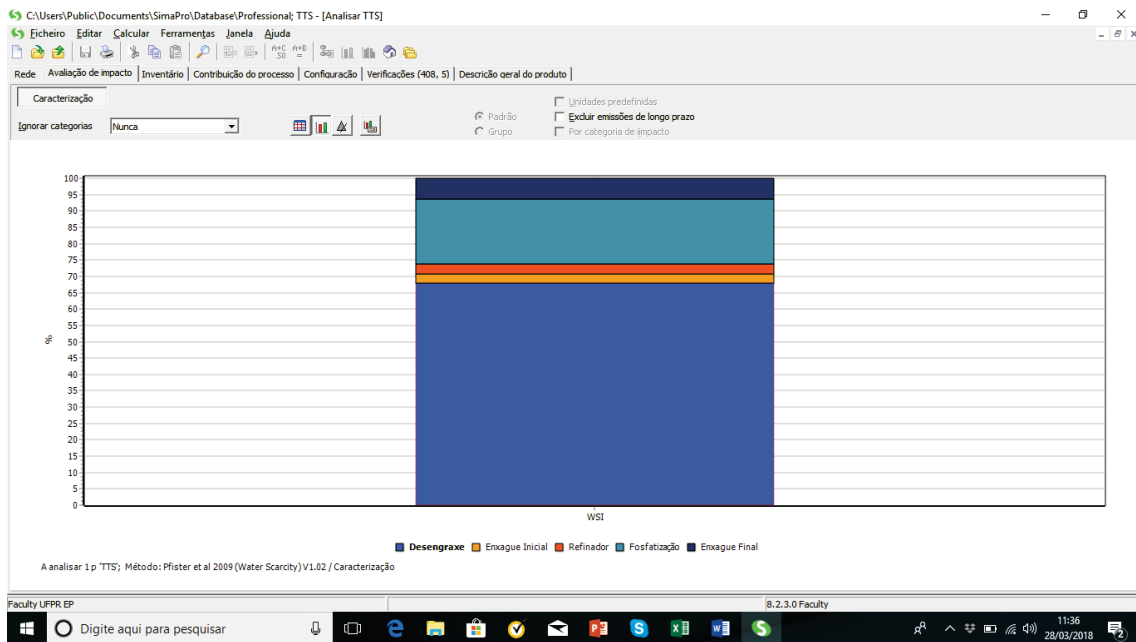


6º - Gráficos

Pontuação única → Por categoria de impacto



Water Scarcity para a água



7º Rede

Para verificar e interpretar o gráfico gerado na 6ª etapa e saber as fontes geradoras dos impactos

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Professional; TTS - [Analisar TTS]

Eicheiro Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Rede | Avaliação de impacto | Inventário | Contribuição do processo | Configuração | Verificações (186, 5) | Descrição geral do produto

Fontação única (PT) 11,2 %

- Montagem
- Ciclo de vida
- Cenário de destino final
- Desmontagem
- Reutilizar
- Material
- Energia
- Transporte
- Processamento
- Uso
- Cenário de resíduos
- Tratamento de resíduos

Navegador

13 nós disponíveis de 36

Faculty UFPR EP 6.2.3.0 Faculty 15:22 27/03/2018