

LAÍS BERNARDI FIGUEIREDO HORTA

Proposta de modelo de gestão de custos em laboratório de ensaios de desempenho em embalagens

São Paulo
2020

LAÍS BERNARDI FIGUEIREDO HORTA

Proposta de modelo de gestão de custos em laboratório de ensaios de desempenho em embalagens

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheira de Produção

São Paulo
2020

LAÍS BERNARDI FIGUEIREDO HORTA

Proposta de modelo de gestão de custos em laboratório de ensaios de desempenho em embalagens

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do diploma de
Engenheira de Produção

Orientação: Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da
Costa

São Paulo
2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

HORTA, Laís Bernardi Figueiredo

Proposta de modelo de gestão de custos em laboratório de ensaios de desempenho em embalagens / L. B. F. HORTA -- São Paulo, 2020.
78 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES 2.LABORATÓRIOS 3.ESTUDO DE CASO I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a meus pais, Ely e Eduardo, por todas as oportunidades que me foram dadas, pelo apoio incondicional, pelas inspirações, pelos conhecimentos e pela colaboração nesse trabalho.

Ao Vinícius por toda a força, carinho, ajuda e companheirismo nesse processo e fora dele.

Aos colegas do IPT por terem tão bem me recebido para estagiar em sua equipe e colaborado para a construção desse projeto.

A todos os professores e colegas da Escola Politécnica, em especial ao Prof. Dr. Reinaldo Pacheco da Costa por todo o apoio e conhecimento transmitido.

A todos os que passaram pelo grupo Acappolli ao longo desses anos, pelo companheirismo, pela amizade e pela confiança que tiveram em mim.

Por fim, à minha família, aos amigos e a todas as pessoas que sempre me ajudaram ao longo dessa e outras jornadas.

RESUMO

A gestão de custos é fundamental para a análise dos resultados econômicos de uma organização. Com a aplicação de um método de custeio adequado é possível obter visão gerencial sobre os custos dos produtos e serviços e sobre as características econômico-financeiras dos processos produtivos. Este trabalho de pesquisa apresenta um estudo de caso voltado à aplicação de um método de custeio denominado Custeio Baseado em Atividades e Tempo ou *Time-driven Activity-Based Costing* (TDABC) em um setor laboratorial dedicado a ensaios de desempenho em embalagens, prestação de serviços complexos e grande variedade de clientes, além de trabalhos de pesquisa aplicada e normatização técnica. São analisados os métodos de custeio mais comuns na literatura e aprofundado o TDABC. Também é destacada a importância do setor foco do estudo acerca da necessidade de testar embalagens para garantir sua segurança. É feita uma proposta de aplicação do método para o caso estudado, com uso de mapas do fluxo do processo e equações do tempo com diversas variáveis. Foram obtidos resultados relativos aos custos dos serviços e à utilização dos recursos disponíveis. O modelo possibilitou levantar questões como uso de capacidade, produtividade do trabalho, custos de atividades e de serviços de ensaios, e comparações com os valores atualmente utilizados. Concluiu-se que o trabalho foi capaz de abranger grande parte da complexidade dos processos, mas que ainda exige o desenvolvimento de um sistema de gestão.

Palavras-chave: Custeio baseado em atividades e tempo; Custos em Serviços de Ensaio Tecnológicos; Custos de testes em embalagens.

ABSTRACT

Cost management is fundamental to the analysis of an organization's economic results. With the application of an appropriate costing method, it is possible to obtain an overall view on the costs of products and services and on the economic and financial characteristics of the production processes. This research presents a case study focused on the application of a costing method called Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) in a laboratory dedicated to performance tests for packages, that involves complex services and a large variety of customers. The principal costing methods in the literature are analyzed, especially TDABC and its application cases. The importance of package testing to assure its safety is also highlighted. A model is proposed to apply the method to the case study, using process flow maps and time equations with multiple variables. Results related to the costs of services and the use of available resources were obtained. The model made it possible to raise discussions such as capacity use, labor productivity, costs of activities and testing services, and comparisons with the values currently used. It was concluded that the work was able to cover much of the complexity of the processes, but that it still requires the development of a management system.

Keywords: Costing methods. Time-driven activity-based costing; Technological testing costs; Packaging Performance Tests.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos custos e despesas	30
Figura 2 - Modelo conceitual do custeio por absorção	31
Figura 3 - Modelo conceitual do custeio direto	32
Figura 4 - Modelo conceitual do custeio baseado em atividades.....	34
Figura 5 – Organograma parcial do instituto	44
Figura 6 - Análise de <i>Pareto</i>	45
Figura 7 - Processo básico de ensaio em <i>big bag</i>	46
Figura 8 - Alocação dos custos	51
Figura 9 - Mapa do fluxo do processo (Atender Cliente)	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custos da capacidade fornecida	49
Tabela 2 - Capacidade prática dos recursos fornecidos	49
Tabela 3 - Taxas do custo da capacidade	50
Tabela 4 - Tempo das atividades - administrativo	54
Tabela 5 - Tempo das atividades - técnico (1)	55
Tabela 6 - Tempo das atividades - técnico (2)	55
Tabela 7 - Tempo das atividades - técnico (3)	55
Tabela 8 - Tempo das atividades - pesquisa	56
Tabela 9 - Atribuição de valores às variáveis	61
Tabela 10 - Tempos totais dos processos	62
Tabela 11 - Custos dos ensaios realizados	62
Tabela 12 - Comparação dos custos	63
Tabela 13 - Margem de contribuição	63
Tabela 14 - Impacto das variáveis no custo	64

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Taxa do custo da capacidade.....	35
Equação 2 - Tempo de processamento.....	36
Equação 3 - Receber Cliente.....	57
Equação 4 - Atender Cliente	57
Equação 5 - Registrar Amostra	57
Equação 6 - Encaminhar Ensaio	57
Equação 7 - Preparar Ensaio	57
Equação 8 - Realizar Ensaio (1).....	57
Equação 9 - Realizar Ensaio (2).....	57
Equação 10 - Desmontar Ensaio	57
Equação 11 - Elaborar Relatório.....	57
Equação 12 - Encerrar Processo.....	58

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Mapa do fluxo do processo (1).....	70
Apêndice B - Mapa do fluxo do processo (2).....	71
Apêndice C - Mapa do fluxo do processo (3).....	72
Apêndice D - Atribuição de valores às variáveis.....	73
Apêndice E – Tempos totais dos processos	75
Apêndice F - Custos calculados dos ensaios.....	77

LISTA DE SIGLAS

ABC	<i>Activity-Based Costing</i>
ABM	<i>Activity-Based Management</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CAM-I	<i>Consortium for Advanced Manufacturing, International</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISTA	<i>International Safe Transit Association</i>
PIB	Produto Interno Bruto
TDABC	<i>Time-Driven Activity-Based Costing</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	TEMA.....	23
1.2	OBJETO DE ESTUDO	23
1.3	MOTIVAÇÃO.....	25
1.4	OBJETIVOS.....	26
1.5	METODOLOGIA	26
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	28
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1	MÉTODOS DE CUSTEIO	30
2.1.1	CUSTEIO POR ABSORÇÃO.....	30
2.1.2	CUSTEIO VARIÁVEL E CUSTEIO DIRETO.....	31
2.1.2.1	MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO	32
2.1.3	CRÍTICAS AOS MÉTODOS TRADICIONAIS	32
2.1.4	CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES	33
2.1.5	CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADE E TEMPO	35
2.1.5.1	CUSTO DA CAPACIDADE FORNECIDA	37
2.1.5.2	CAPACIDADE PRÁTICA DOS RECURSOS FORNECIDOS	38
2.2	APLICAÇÕES	38
2.2.1	O SETOR DE SERVIÇOS E O ABC	38
2.2.2	CASOS DO TDABC.....	40
3	ESTUDO DE CASO	42
3.1	O INSTITUTO	42
3.2	OS ENSAIOS	44
4	PROPOSTA DE MODELO DE TDABC	48
4.1	CUSTO DA CAPACIDADE FORNECIDA	48

4.2	CAPACIDADE PRÁTICA DOS RECURSOS FORNECIDOS	49
4.3	TAXA DO CUSTO DA CAPACIDADE	50
4.4	ATIVIDADES	50
4.5	MONTAGEM DAS EQUAÇÕES DO TEMPO	56
5	RESULTADOS	60
5.1	APLICAÇÃO DO MODELO COM VARIÁVEIS	60
5.2	TEMPO TOTAL DO PROCESSO	61
5.3	CUSTOS	62
5.4	DISCUSSÕES	64
6	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICES	70

1 INTRODUÇÃO

A gestão de custos é fundamental para a análise dos resultados econômicos de uma organização. Com a aplicação de um método de custeio adequado é possível obter visão gerencial sobre os custos dos produtos e serviços e sobre as características econômico-financeiras dos processos produtivos.

Este trabalho de pesquisa apresenta um estudo de caso voltado à aplicação de um método de custeio denominado Custeio Baseado em Atividades e Tempo ou *Time-driven Activity-Based Costing* (TDABC) em um setor laboratorial dedicado a ensaios de desempenho em embalagens, envolvendo prestação de serviços complexos e grande variedade de clientes.

1.1 TEMA

Segundo Slack et al. (2004), a Gestão de Operações engloba diversas disciplinas acadêmicas e seus campos de aplicação, entre eles, a Engenharia de Produção. Para Filippini (1997), a Gestão de Operações possui natureza aplicada à necessidade de solucionar problemas de organizações industriais ou de serviços. A Gestão de Operações engloba investigações relacionadas à arquitetura, ao planejamento, à operação e ao controle dos sistemas de operações, sendo esses uma configuração de recursos combinados para a produção de bens e serviços (BRUNSTEIN; COSTA, 2011). Os trabalhos da Gestão de Operações, destinados às melhorias dos sistemas de operações, podem partir da relevância dos custos, ligando-se significativamente à Contabilidade Gerencial, voltada à quantificação dos custos relevantes para tomadas de decisão.

Para o cálculo de custos de produtos, serviços e processos produtivos são utilizados os chamados métodos de custeio, relevantes para a Contabilidade Gerencial. Dentre os diferentes métodos, tem se destacado o TDABC, derivado do *Activity-Based Costing* (ABC) e utilizado na proposta desse trabalho, por sua simplicidade e acuracidade.

1.2 OBJETO DE ESTUDO

No estágio atual da sociedade contemporânea, a grande variedade de itens produzidos e comercializados implica também em uma grande diversidade de embalagens utilizadas para armazenamento e transporte. As embalagens devem cumprir uma série de requisitos para desempenhar satisfatoriamente seu papel de proteção, tanto do produto como da pessoa que o transporta.

O dinamismo do mercado sempre coloca desafios de especificação e de padronização de novas modalidades de embalagens. Atualmente, é clara a necessidade de utilização de embalagens cada vez mais enxutas e sustentáveis. Essa necessidade exige das empresas produtoras de embalagens uma constante inovação e garantia de segurança e eficiência no transporte e conservação dos produtos.

Entidades nacionais e internacionais como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a *American Society for Testing and Materials* (ASTM) e a *International Safe Transit Association* (ISTA), estabelecem normas técnicas que determinam o desempenho esperado para os diferentes tipos de embalagens. As indústrias devem buscar a melhoria contínua do desempenho das embalagens, testando-as previamente de forma que o equilíbrio econômico entre os custos gerais de embalagem e a adequação da distribuição física possa ser alcançado (INTERNATIONAL SAFE TRANSIT ASSOCIATION, 2019).

Para garantir que as embalagens atendam às normas de desempenho, são necessários laboratórios capacitados para realizar os ensaios requeridos. Esse é o caso do setor de embalagens do Laboratório de Celulose, Papel e Embalagem, que integra o Centro de Tecnologia de Recursos Florestais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), empresa estatal vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo. Vale ressaltar que o IPT, motivado pelo próprio mercado ou por reguladores públicos, frequentemente atua na definição de parâmetros de especificação de padronização, tendo elaborado, ao longo do tempo, mais de 70 normas de embalagem e acondicionamento. A maioria destas normas foi encaminhada à discussão na ABNT como texto-base de futuras normas brasileiras (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2019c).

Neste laboratório são ensaiados itens diversos, tais como paletes, contentores flexíveis, caixas, embalagens para resíduos de serviços de saúde, embalagens para cosméticos, embalagens para produtos perigosos e embalagens para alimentos. O laboratório tem como clientes empresas que produzem ou que utilizam esses itens e precisam verificar seu desempenho, gerando uma alta procura por esse tipo de serviço.

A autora deste trabalho é formanda do curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Realiza estágio concursado na área de embalagens do Laboratório de Celulose, Papel e Embalagens desde março de 2019, com vínculo de bolsista. O estágio consiste no auxílio aos pesquisadores nos processos rotineiros de orçamentação, acompanhamento de ensaios, estudo de normas técnicas e elaboração de relatórios, bem como

na realização de projetos mais abrangentes para o laboratório, tais como a obtenção de certificação ISTA e auxílios gerenciais, por meio de planilhas de planejamento e organização de arquivos.

Desde o segundo semestre de 2019, a autora foi colaboradora em um projeto de reestruturação dos custos e preços dos ensaios do laboratório, o que serve como motivação para este trabalho. Neste projeto, foram feitos estudos dos ensaios realizados no laboratório e avaliados os mais frequentes nos últimos anos. Também foi feita uma pré-organização dos ensaios por tipos e foram realizadas entrevistas com os funcionários sobre as cargas horárias gastas em cada ensaio e as principais variáveis que influenciam tais cargas horárias.

1.3 MOTIVAÇÃO

A precificação dos ensaios do laboratório é feita a partir de um custo/hora de mão-de-obra, calculado para todo o instituto. São somadas as horas gastas em cada ensaio e aplicado um valor de impostos e uma margem de contribuição. Alguns fatores listados a seguir implicam em variações no custo de cada ensaio e, portanto, dificuldades para geração de orçamentos aos clientes.

- Muitas vezes os mesmos ensaios são realizados conforme normas diferentes. Um exemplo disso é o ensaio de queda livre. Ele consiste basicamente na simulação de queda da embalagem para verificar a ocorrência de danos. É um ensaio solicitado por muitas normas de desempenho, tanto as específicas para certo tipo de embalagem quanto aquelas voltadas ao desempenho de embalagens genéricas. Porém, cada uma delas exige uma altura de queda diferente (que altera a dificuldade da preparação do ensaio), bem como um determinado número de repetições e de posições de queda.
- O tamanho da amostra é diferente para cada caso. A depender do lote da embalagem fabricada ou do motivo pelo qual o cliente solicita o ensaio, a quantidade de corpos de prova a serem ensaiados é alterada.
- As dimensões da embalagem alteram a dificuldade da preparação dos ensaios. Embalagens maiores e mais pesadas exigem uso de empilhadeiras e prolongam muito o tempo de preparação e de desmonte.
- Projetos exigem maior ou menor tempo de pesquisa e desenvolvimento. A depender do material a ser ensaiado e das normas técnicas a serem seguidas para realização dos ensaios, é necessário um tempo muito grande de estudo e pesquisa para que se possa

definir a maneira como deverão ser executados os ensaios e avaliar sua viabilidade frente aos recursos disponíveis no laboratório.

- Os clientes, na maioria das vezes, não conhecem os métodos de ensaio nem as normas a serem seguidas para o seu tipo de embalagem. Isso exige que seja elaborada pelo laboratório uma sugestão de métodos para cada caso em questão.
- Ao final dos ensaios é feito um relatório apresentando a metodologia utilizada e os resultados obtidos, com o nível de detalhamento previamente acordado com o cliente.

As características e dificuldades apontadas acima acabam implicando em atrasos nos atendimentos aos clientes e na realização dos serviços, inconsistências nos orçamentos gerados e receitas que não cobrem todos os custos do laboratório. Segundo dados sobre o laboratório coletados pela autora em 2019, incluindo o setor de embalagens e o setor de celulose e papel, cerca de 70% do faturamento obtido com ensaios é utilizado para cobrir os custos diretos calculados para os ensaios. O restante desse faturamento é capaz de cobrir em média 30% dos custos indiretos que são repassados ao laboratório, dos quais os principais são os custos ocupacionais determinados pelo IPT.

1.4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é contribuir para a melhoria do desempenho operacional do laboratório de embalagens, por meio do estudo dos custos e atividades envolvidas nos seus processos de serviços e da aplicação de uma ferramenta gerencial adequada ao caso.

Para isso, os objetivos específicos serão apresentar um estudo sobre custos e diferentes métodos de custeio, diagnosticar o melhor método a ser aplicado no caso, propor um modelo de aplicação e analisar os resultados comparativamente com o modelo atual.

1.5 METODOLOGIA

Para atender aos objetivos do trabalho, foram desenvolvidas uma série de etapas. A forma como se deram essas etapas e as variáveis pesquisadas caracterizam o tipo de abordagem de pesquisa. Segundo classificação de Filippini (1997), os tipos de abordagem de pesquisa mais comumente utilizados na Engenharia de Produção são desenvolvimento teórico-conceitual, estudo de caso, levantamento tipo survey, modelagem e simulação, pesquisa-ação, pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental. Entre eles, destacam-se alguns para classificar o trabalho desenvolvido.

O primeiro deles é o estudo de caso. O estudo de caso consiste em uma análise aprofundada de um ou mais casos para seu amplo conhecimento, acerca de um problema não suficientemente definido. Ele visa estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria (MIGUEL, 2007). Entende-se esse trabalho como um estudo de caso por aprofundar um estudo no caso específico do laboratório de embalagens, buscando-se compreender a teoria e as possíveis formas de aplicação e sugerir hipóteses para o caso.

O segundo tipo destacado é a modelagem. A modelagem compreende o uso de técnicas matemáticas para descrever funcionamento de um sistema produtivo, podendo ou não ser acompanhada da simulação (BERTO; NAKANO, 2000). Esse trabalho propõe uma modelagem para o caso utilizando o método TDABC. São consideradas diversas especificidades do caso na aplicação do método, tornando-o de difícil modelagem.

O terceiro tipo a ser destacado é a pesquisa-ação. A pesquisa-ação é uma pesquisa com estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1997). Ela requer pré-entendimento do ambiente organizacional, condições, estrutura e dinâmica das operações. Entende-se que neste trabalho, diferentemente do caso de um estudo feito por uma pessoa não envolvida na organização, utilizou-se de conhecimento prático das dinâmicas e do ambiente, tendo assim essa característica de uma pesquisa-ação.

Dessa forma, o trabalho se caracteriza como um estudo de caso com proposta de modelagem, tendo também algumas características da pesquisa-ação. Miguel (2007) apresenta em seu artigo diversas recomendações para a realização do estudo de caso, sendo elas, no nível estratégico, escolher uma abordagem metodológica, e no nível operacional definir uma estrutura conceitual-teórica, planejar o caso, conduzir teste piloto, coletar os dados, analisar os dados e gerar relatório.

Neste trabalho, foi escolhido o método TDABC com base no estudo da literatura e recomendação do professor orientador. O método pareceu o mais adequado para abranger as peculiaridades do objeto de estudo, uma das contingências típicas da condução de pesquisa.

Para a definição da estrutura conceitual-teórica, foi mapeada a literatura acerca de custos e métodos de custeio. Também foram pesquisadas diferentes aplicações do método TDABC. Foram utilizadas plataformas como o *Google Scholar*, o *Scopus* e o *ResearchGate*. Para as pesquisas, utilizou-se palavras-chave relacionadas a métodos de custeio e método TDABC, bem

como laboratórios e institutos tecnológicos. Vale observar que dentre os casos de aplicação do TDABC, não foi encontrado um caso semelhante ao estudado neste trabalho, referente a um laboratório de ensaios de desempenho, apesar de terem sido encontrados casos de aplicações em laboratórios de análises clínicas. Com esses estudos, obteve-se o conhecimento necessário para a proposta de modelagem realizada.

Para o planejamento do caso foi selecionado o setor a ser analisado, pela proximidade da autora e pelas peculiaridades do caso. Além disso foram listados os dados a serem recolhidos. A disponibilidade de registros no laboratório acabou limitando a abrangência dos dados a serem coletados. Para coleta dos dados foram feitas entrevistas qualitativas e quantitativas com todos os funcionários, presenciais e por meio de formulários.

Para a análise dos dados foi utilizada a plataforma *Microsoft Excel*, na qual foi feita a redução dos dados, foram realizados cálculos de custos para o período e montadas equações do tempo.

Por fim, os resultados e conclusões obtidas foram expostos neste trabalho.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em seis capítulos. O capítulo 1 contempla a introdução do trabalho, a contextualização do tema, a apresentação do objeto de estudo e a metodologia aplicada. O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre gestão de custos, bem como os diferentes métodos de custeio e suas principais diferenças, além da forma como é aplicado o método de custeio baseado em atividades e tempo em outros artigos sobre o tema. O capítulo 3 apresenta o caso a ser estudado e suas peculiaridades. O capítulo 4 apresenta o modelo proposto pela autora para aplicação do TDABC no caso estudado. O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do modelo e as discussões sobre esses resultados. Finalmente, o capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A contabilidade, segundo Nakagawa (2001), é um método de identificar, mensurar e comunicar informação econômica afim de permitir decisões e julgamentos por parte dos usuários da informação.

Enquanto a contabilidade financeira é utilizada para demonstrativos externos, a contabilidade gerencial destaca-se pelo fornecimento de informações para os gerentes das organizações, por meio do cálculo de custos dos produtos e dos processos produtivos. Essas informações são essenciais para a formação de preços e de orçamentos, e para a realização de estudos de melhoria de produtos, processos e da rentabilidade empresarial (COSTA, 2010).

Para o cálculo de custos dos produtos e dos processos produtivos são utilizados métodos de custeio. Os métodos de custeio consistem em formas de apropriação dos custos aos objetos de custo. Objetos de custo, segundo Bornia (1977), são quaisquer produtos, serviços, contratos, projetos ou outra unidade de trabalho para os quais se deseja uma medição de custo separada. A apropriação dos custos aos objetos é feita para permitir a realização de várias análises econômicas e para apoio à tomada de decisões.

Existem diferentes métodos de custeio que são mais ou menos adequados para fins demonstrativos ou gerenciais. O que diferencia esses métodos é a forma como são apropriados os recursos aos objetos de custos.

Segundo Costa (2010) *apud* Martins (2006), custos são os gastos utilizados na produção de bens ou serviços. A distinção de custos e despesas entre fixos e variáveis diz respeito à sua relação ao volume produzido. Custos e despesas fixos são aqueles que independem do volume de produção, enquanto custos e despesas variáveis dependem desse volume. Já a distinção entre diretos ou indiretos, que se aplica apenas para os custos, diz respeito à facilidade de alocação aos objetos de custo. Custos indiretos são aqueles que necessitam de algum fator de apropriação para serem distribuídos aos objetos de custo, enquanto custos diretos são aqueles de fácil direcionamento, conforme sua efetiva utilização na produção.

Figura 1 - Classificação dos custos e despesas

		Variação no Volume	
		Fixos	Variáveis
Identificação a Produto	Custos Diretos		Matérias-primas Mão-de-obra direta
	Custos Indiretos	Depreciações (prédios,...) Telefone, água, luz	Energia elétrica Depreciação de máquinas Manutenção de fábrica Materiais de fábrica
	Despesas	Materiais de consumo Administração	Comissões de vendas Impostos

Fonte: Costa *et al.* (2004, p.3)

A Figura 1 apresenta sinteticamente uma classificação dos gastos em contas por espécie (custos e/ou despesas), relacionadas ao volume produzido (fixos e variáveis), e à sua identificação a produtos/serviços (diretos e indiretos).

Ressalta-se que essa classificação deve ser analisada caso-a-caso, a depender do problema e da finalidade. Segundo Martins (1996; p. 52), “(...) *que as classificações (...) podem ter oscilações, dependendo do caso em si. Não é possível uma classificação rígida*”.

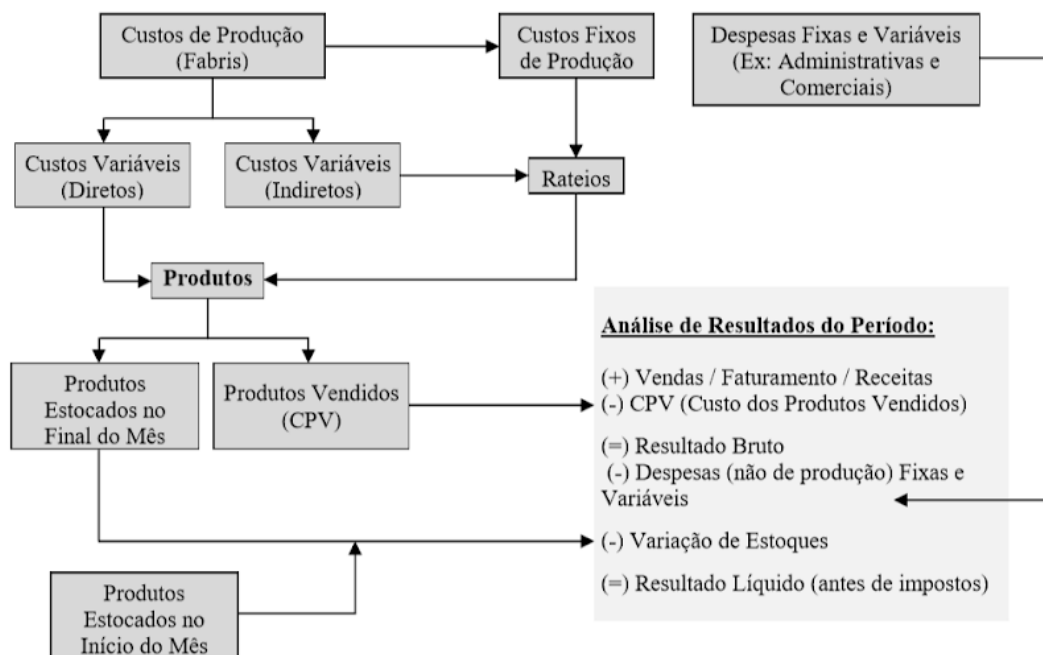
2.1 MÉTODOS DE CUSTEIO

A seguir, são abordados, brevemente, os principais métodos de custeio e as diferenças essenciais entre eles.

2.1.1 CUSTEIO POR ABSORÇÃO

O método de custeio por absorção é aquele exigido pelo sistema tributário brasileiro. Nele, todos os custos são distribuídos aos produtos da empresa. Os custos diretos são apropriados por meio de sua efetiva utilização, enquanto são feitos rateios para os custos indiretos. Para isso é necessário o uso de estimativas, ou seja, bases de rateio (MARTINS, 2010). Dessa forma, é possível obter um custo unitário total.

Figura 2 - Modelo conceitual do custeio por absorção



Fonte: Saraiva Jr (2010, p.46) *apud* Costa (1998)

A Figura 2 ilustra a apropriação dos custos aos produtos para compor um custo do produto vendido, que é utilizado na análise de resultados da empresa.

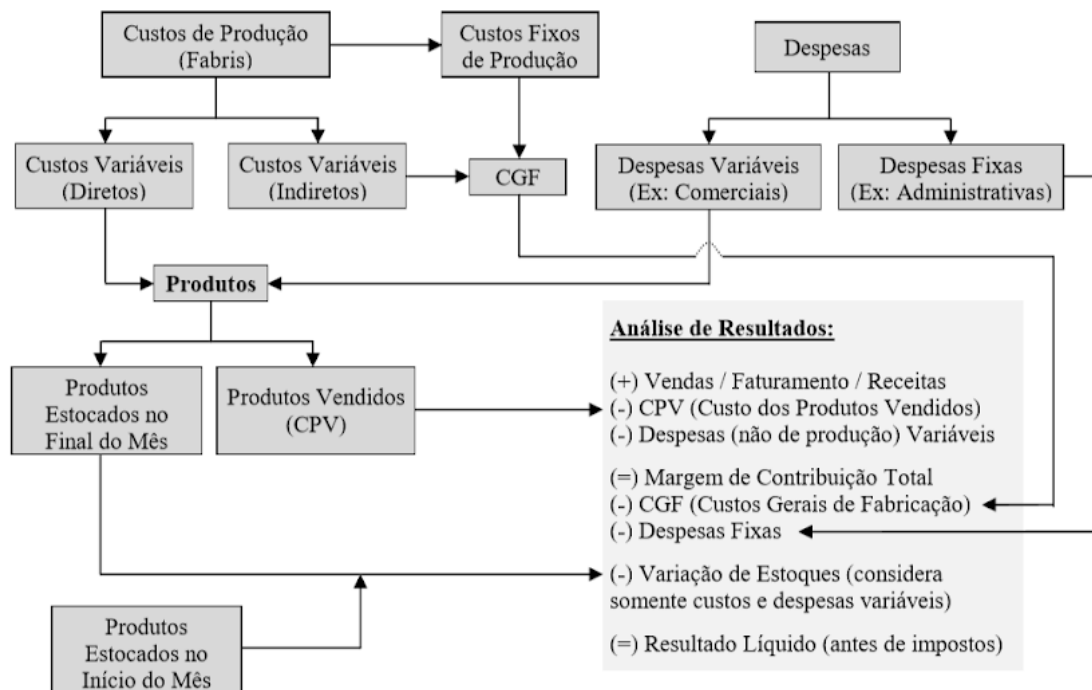
2.1.2 CUSTEIO VARIÁVEL E CUSTEIO DIRETO

No custeio variável, são apropriados aos objetos de custo apenas os custos variáveis. Os custos fixos ficam separados e são considerados como despesas no período indo diretamente para o resultado (MARTINS, 2006).

Nem sempre o custeio variável considera – no custeamento dos objetos de custos – apenas os custos que podem ser diretamente mensurados e atribuídos (custos diretos), pois pode também considerar custos indiretos (de difícil mensuração e de atribuição) que possuem comportamento variável (COSTA, 2010, p.64).

Por esse motivo ele se difere do método do custeio direto, no qual são alocados aos produtos apenas os custos variáveis diretos.

Figura 3 - Modelo conceitual do custeio direto



Fonte: Saraiva Jr (2010, p.48) *apud* Costa (1998)

A Figura 3 ilustra a apropriação dos custos e despesas aos produtos para compor o custo do produto vendido, bem como a utilização da margem de contribuição na análise de resultados.

2.1.2.1 MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO

A margem de contribuição é derivada dos custeios variável e direto. Ela se caracteriza pela diferença entre a receita e a soma de custos e despesas variáveis que podem ser atribuídos diretamente aos objetos de custo. Ela evidencia a margem da receita que sobra além do custo de cada unidade produzida, que pode contribuir com os demais custos da empresa (MARTINS, 2006).

2.1.3 CRÍTICAS AOS MÉTODOS TRADICIONAIS

Os custos indiretos têm aumentado cada vez mais em comparação a períodos históricos em que custos diretos - como matéria-prima e mão de obra direta - foram os fatores de produção determinantes. Dessa forma, para Kaplan e Cooper (1988), o método de custeio direto, mesmo quando corretamente implementado, não tem sido mais uma boa solução para os ambientes empresariais. Paralelamente, observa-se um desconforto gerencial na alocação de custos aos produtos pelos métodos de custeio mais tradicionais como o custeio por absorção. Por serem realizadas alocações arbitrárias de custos fixos através de bases de rateio normalmente

relacionadas com o volume de produção, esses métodos acabam por não ser práticos para decisões gerenciais, nas quais é desejado saber a rentabilidade de cada produto, sendo adequados apenas para declarações financeiras (KAPLAN; COOPER, 1988).

Brimson (2006) também pontua que o sistema convencional de contabilidade de custos distorce o custo dos produtos e não destaca as oportunidades de melhoria da produtividade, conduzindo assim a decisões insatisfatórias. São ignoradas diferenças importantes entre produtos e serviços, mercados e clientes, sobre os quais incorrem diferentes custos indiretos. Para a excelência empresarial são necessárias informações que apoiem os gerentes na tomada de decisões que resultem no melhor desenho do produto, na otimização no *mix* de produtos e na eliminação do desperdício das atividades operacionais (BRIMSON, 2006).

2.1.4 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADES

O Custeio Baseado em Atividades ou ABC foi desenvolvido na década de 1980 em um consórcio internacional de pesquisa sediado nos Estados Unidos (*Consortium for Advanced Manufacturing, International* - CAM-I), no qual empresas, agências do governo norte-americano e pesquisadores uniram forças para desenvolver ferramentas de gestão para melhorar a competitividade das empresas dos EUA (SARAIVA JR, 2010).

Enquanto os métodos tradicionais pressupõem que são os produtos que consomem os recursos necessários para fabricá-los, o ABC assume que os recursos de uma empresa são consumidos por suas atividades e não pelos produtos que ela fabrica. O objetivo desse pressuposto é rastrear as atividades mais relevantes, identificando as rotas de consumo dos recursos de uma empresa (NAKAGAWA, 2001).

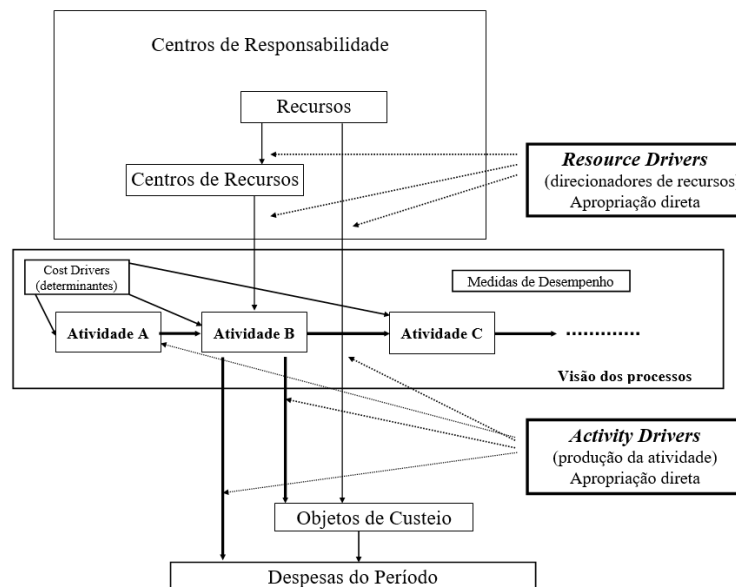
Os recursos podem ser definidos como elementos econômicos (ex: pessoas, materiais, suprimentos, equipamentos, tecnologias e instalações) aplicados ou utilizados para a consecução das atividades ou para diretamente suportar os objetos de custos (MARTINS, 2006). Já as atividades são compreendidas como uma combinação de pessoas, tecnologia, matérias-primas, métodos e ambiente, para gerar determinado produto ou serviço (BRIMSON, 2006).

Partindo do pressuposto de que as atividades consomem os recursos, e os objetos de custos consomem as atividades, esse método consiste em atribuir todos os custos às atividades realizadas e, por meio dessas atividades, direcionar os custos aos produtos. Para isso, são utilizados direcionadores de custos. Direcionadores de custos podem ser entendidos como

fatores causais que determinam o consumo de recursos e o custo de uma atividade ou objeto de custo (MARTINS, 2006).

Kaplan e Cooper (1997) e Martins (1996) identificam duas categorias de direcionadores de custos: os direcionadores de recursos e os direcionadores de atividades. Eles identificam, respectivamente, o consumo de recursos pelas atividades e o consumo de atividades pelos objetos de custos. Esses direcionadores são definidos caso a caso, conforme melhor se apliquem, dependendo da facilidade na obtenção de dados e da correlação entre o direcionador e os recursos consumidos.

Figura 4 - Modelo conceitual do custeio baseado em atividades



Fonte: Adaptado de Costa (2019, p.9)

A Figura 4 ilustra o modelo conceitual do ABC, podendo-se observar a atribuição dos recursos às atividades através de direcionadores de recursos (*Resource Drivers*) e a atribuição das atividades aos objetos de custo (*Activity Drivers*). Nela, também pode-se ver o que Nakagawa (2001) chama de “visão de aperfeiçoamento de processos”. Nakagawa (2001, p. 69) argumenta que o ABC pode ser dividido conceitualmente em duas visões: (i) “visão de aperfeiçoamento de processos”; e (ii) “visão econômica e de custeio”.

A visão de aperfeiçoamento de processos pode ser relacionada com o que Kaplan e Cooper (1998) consideram como Gestão Baseada em Atividades ou *Activity-Based Management* (ABM) (SARAIVA JR, 2010). Trata-se do conjunto de decisões gerenciais que utiliza as informações do ABC para fundamentar iniciativas de melhoria de processos. Essas

decisões podem estar relacionadas ao apuração (pricing), redução de custos, melhoria de processo e desenvolvimento de produtos (KAPLAN; COOPER, 1998).

Segundo Kaplan e Anderson (2007), o ABC é um método acurado de custeio, porém se caracteriza pelo alto custo de desenvolvimento, pela complexidade da manutenção e pela dificuldade para realização de modificações. Eles criticam o uso de processos de entrevistas e levantamento de dados muito demorados bem como o armazenamento, processamento e apresentação dispendiosos de dados. Além disso, a possibilidade de capacidade ociosa acaba sendo ignorada.

Cooper (1997) observou que os primeiros sistemas ABC adotavam um grande número de direcionadores de custo para determinar a quantidade de vezes que uma atividade era executada e, quando eram necessários ajustes complexos, os sistemas recorriam a direcionadores de duração. Sistemas ABC convencionais aplicam direcionadores na segunda fase do processo de alocação de custos, depois de os custos dos recursos já terem sido direcionados para diferentes atividades.

2.1.5 CUSTEIO BASEADO EM ATIVIDADE E TEMPO

Proposto por Robert S. Kaplan e Steven R. Anderson em artigo publicado em novembro de 2004, TDABC simplifica o processo de custeio atribuindo os custos dos recursos diretamente aos objetos de custos. Isso é feito por meio de um referencial simples, que exige apenas dois conjuntos de estimativas: custos de fornecimento de capacidade de recursos e capacidade prática dos recursos fornecidos (KAPLAN; ANDERSON, 2007). Essas duas estimativas geram uma taxa do custo da capacidade que é aplicada aos objetos de custo por meio de equações de tempo das atividades realizadas.

Inicialmente é calculado o custo total de todos os recursos - pessoal, supervisão, ocupação, equipamentos e tecnologia - fornecido ao departamento ou processo. Esse custo total é dividido pela capacidade - tempo disponível dos empregados que efetivamente executam o trabalho - do departamento, de modo a determinar a taxa do custo de capacidade (1).

Equação 1 - Taxa do custo da capacidade

$$\text{Taxa do custo da capacidade} = \frac{\text{Custo da capacidade fornecida}}{\text{Capacidade prática dos recursos fornecidos}} \quad (1)$$

Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p.19)

Com a taxa do custo da capacidade, o método permite distribuir os custos dos recursos departamentais entre os objetos de custos, estimando a demanda de capacidade de recursos por cada objeto de custos.

O ABC convencional lida com as variações mediante a expansão do dicionário de atividades, de modo que todas as grandes variações conhecidas sejam tratadas como atividades distintas. Dessa maneira, exige atualizações mensais e um número muito grande de subatividades.

As equações de tempo são a maneira do TDABC facilitar o cálculo do tempo de cada atividade, desenvolvendo uma equação linear que represente o tempo básico de uma atividade mais o tempo incremental referente a cada possível variação. *“Estimar uma equação de tempo requer descrever a atividade básica e todas as principais variações ao seu redor, identificar os fatores determinantes das variações e estimar o tempo padrão para a atividade básica e cada variação”* (KAPLAN; ANDERSON, 2007, p. 35).

O tamanho do modelo aumenta linearmente, e não exponencialmente como no ABC convencional. Se o modelo inicial omitir alguma variação importante no processo, basta acrescentá-la à equação. A equação pode ser demonstrada, algebricamente, por (2):

Equação 2 - Tempo de processamento

$$\text{Tempo de processamento} = \beta_0 + \beta_1 + X_1 + \text{etc.} \quad (2)$$

Fonte: Kaplan e Anderson (2007, p.35)

Onde:

β_0 é o tempo-padrão para a execução da atividade básica;

β_i é o tempo estimado para a atividade incremental i; e

X_i é a quantidade da atividade incremental i.

Mesmo no caso de produtos padronizados, fornecidos a clientes tradicionais, ocorrem muitas variações no pedido em si. Com essas equações não se perde nenhuma transação ao se executarem os cálculos no nível dos pedidos ou das transações, uma vez que é fácil agregá-los no nível mais alto dos produtos e dos clientes (KAPLAN; ANDERSON, 2007).

Assim, os modelos TDABC são menores, mais simples e mais flexíveis que os modelos ABC convencionais. Eles também alcançam maior exatidão, por permitirem a inclusão das variações do processo no modelo, por meio de novos termos nas respectivas equações de tempo.

2.1.5.1 CUSTO DA CAPACIDADE FORNECIDA

O custo dos recursos fornecidos a um departamento, segundo Kaplan e Anderson (2007), é formado pelos seguintes elementos:

- Funcionários: salários e benefícios adicionais totalmente acumulados, como impostos sobre folha de pagamento, seguro médico e benefícios de pensão ganhos;
- Supervisão: salários e benefícios adicionais totalmente acumulados dos supervisores dos funcionários da linha de frente;
- Trabalho indireto: salários indiretos, benefícios adicionais e supervisão de suporte pessoal do departamento, como aqueles que realizam controle e programação de qualidade
- Equipamento e tecnologia: custo do equipamento, incluindo recursos de computação e telecomunicações, usado pelos funcionários e seus supervisores;
- Ocupação: custo de fornecimento de espaço para funcionários e seus equipamentos e supervisores;
- Outros recursos indiretos e de suporte: despesas atribuídas pelos departamentos de suporte da empresa, como recursos humanos, finanças e tecnologia da informação.

“Os custos de equipamento e tecnologia incluem despesas operacionais, como serviços públicos e suprimentos, e as despesas de depreciação do equipamento ou pagamento equivalente de aluguel” (KAPLAN; ANDERSON, 2007, p. 44). No caso de ativos de longa duração, é provável que o nível de preço no qual o equipamento foi adquirido esteja bem abaixo do nível de preço no qual será substituído. *“Mesmo com uma taxa de inflação moderada de 4% ao ano, o nível de preços aumenta em quase 50% ao longo de um período de dez anos”* (KAPLAN; ANDERSON, 2007, p. 44). Para refletir essas mudanças, algumas saídas utilizadas por empresas são a incorporação de estimativas de custo baseadas no custo histórico dos ativos ou baseadas no custo de reposição.

Os custos de ocupação refletem o custo de fornecimento de espaço para funcionários e equipamentos, incluindo custos de depreciação, utilidades, limpeza e manutenção do espaço ocupado por funcionários e equipamentos. Como alternativa, o custo de ocupação pode ser

calculado a partir do custo de aluguel do local. Devem ser considerados custos mais altos separados para espaços mais caros como salas limpas, condicionadas, ou isoladas.

2.1.5.2 CAPACIDADE PRÁTICA DOS RECURSOS FORNECIDOS

A capacidade prática pode ser estimada de maneira arbitrária assumindo uma porcentagem especificada da capacidade teórica próxima de 80 ou 85%. (KAPLAN; ANDERSON, 2007). Ou seja, caso essa porcentagem seja de 80%, é permitido 20% do tempo do pessoal para pausas, chegada e partida, treinamento, reuniões e bate-papo. *“Para máquinas, pode ser concedido um intervalo de 15 a 20% para o tempo de inatividade devido a manutenção, reparo e programação de flutuações”* (KAPLAN; ANDERSON, 2007, p. 50).

Algumas vezes, a capacidade dos recursos dentro de um departamento é avaliada de maneira diferente; nesse caso, uma única taxa de custo da capacidade será inadequada (KAPLAN; ANDERSON, 2007). A taxa pode ser baseada por exemplo no espaço fornecido ao invés do tempo de pessoal utilizado. Deve ser avaliada qual capacidade captura os reais fatores de custo para o caso em questão.

2.2 APLICAÇÕES

Os diferentes métodos de custeio são utilizados tradicionalmente em setores de manufatura, mas atualmente são também muito utilizados no setor de serviços, como no caso do foco do estudo. O setor de serviços têm tido muita importância e a adaptação dos métodos de custeio para aplicação nesse tipo de setor é essencial para análises gerenciais. Pôde-se analisar algumas análises de aplicação do ABC em serviços e organizações governamentais, bem como algumas aplicações do TDABC em serviços, surpreendentemente muitos deles na área da saúde.

2.2.1 O SETOR DE SERVIÇOS E O ABC

Segundo Corrêa e Ganesi (2018), o aumento geral da demanda por serviços na sociedade tem sustentado em grande parte o desenvolvimento da economia. Alguns motivos para explicar o aumento da demanda por serviços são: mudanças demográficas; desejo por melhor qualidade de vida e condições de trabalho; urbanização; mudanças socioeconômicas e tecnológicas; aumento da sofisticação dos consumidores; e desregulamentação da economia. Os serviços também têm impacto nas indústrias oferecendo diferencial competitivo, suporte à manufatura, geração de lucro e substituição da venda de bens pela geração de serviços. O setor de serviços vem tendo grande aumento quanto à sua participação no Produto Interno Bruto

(PIB) dos países nos últimos anos, passando de 50% em 1989 a 75% em 2015 no Brasil, por exemplo (CORREIA; GIANESI, 2018).

Um produto pode representar um bem ou um serviço. Por outro lado, os produtos manufaturados das indústrias podem ser entendidos como serviços prestados sob forma de produtos. Numa outra visão, nas empresas que prestam serviços, estes são seus produtos. Assim, o entendimento de que as áreas de serviços funcionam como se fossem uma fábrica permite vislumbrar a aplicação, nas empresas de serviços, de técnicas e metodologias de trabalho que foram bem sucedidas nas empresas de manufatura (MAUAD; PAMPLONA, 2002).

Com relação à aplicação do ABC em uma empresa de serviços, Mauad e Pamplona (2002) observaram algumas diferenças significativas para aplicação do método em relação às empresas de manufatura, tais como: atividades de difícil identificação; presença necessária do cliente para início do serviço através de solicitação; características de um modelo de produção por encomenda; difícil identificação dos objetos de custo, pois serviços se confundem com atividades; serviços são abstratos e de difícil padronização; e os direcionadores são apresentados geralmente sob forma de tempo, porém de difícil apontamento devido à complexidade no processo.

Granof *et al.* (2000) demonstram a aplicabilidade do ABC a universidades e outros tipos de organizações governamentais e sem fins lucrativos, nas quais os funcionários se envolvem rotineiramente em diversas atividades e programas. Destacam-se os aprendizados apresentados na relação a seguir.

- Quanto mais forte o sistema de informações e a contabilidade gerencial existentes em uma organização, mais fácil é aplicar o ABC. No entanto, quanto mais fraco o sistema, maior a contribuição do ABC.
- Esse tipo de organização costuma possuir gerenciamento flexibilizado.
- Muitos funcionários de governos e organizações sem fins lucrativos não apenas são céticos como se sentem ameaçados por tentativas de quantificar o custo das atividades nas quais se envolvem.
- O ABC deve ser usado para fornecer informações úteis à decisão, não para desenvolver uma medição de custos puramente conceitual.
- O ABC pode conduzir a descobertas interessantes sobre os custos de atividades no processo da organização, permitindo seu gerenciamento.

- O ABC pode destacar mudanças nas circunstâncias que ocorreram gradualmente ao longo do tempo e das quais os administradores ainda podem não estar cientes.
- A lógica para o uso do ABC na indústria é alocar custos indiretos a bens ou serviços com base não apenas no que é conveniente, como mão de obra direta, mas nos fatores pelos quais eles são mais influenciados. Isso também se aplica às organizações.

2.2.2 CASOS DO TDABC

Conforme Santana e Afonso (2015) em análise de artigos sobre aplicações práticas do TDABC, foram observadas as seguintes vantagens do método:

- torna mais fácil e rápido o desenvolvimento de um modelo preciso;
- coleta os dados oferecidos pelos sistemas integrados de gerenciamento de negócios e relacionamento com clientes;
- direciona os custos para as transações e aplicações, utilizando características específicas de aplicações, processos, fornecedores e clientes;
- pode ser atualizado mensalmente para capturar o resultado das operações recentes;
- torna mais visível a eficiência dos processos e a utilização da capacidade;
- é facilmente expansível para cobrir todo o escopo da empresa por meio de tecnologias de banco de dados;
- permite modelo de manutenção rápida e barata;
- fornece informações detalhadas para identificar as causas principais dos problemas;
- é aplicável a muitos setores ou empresas que se caracterizam pela complexidade em clientes, produtos, canais, segmentos, processos e altos custos de capital;
- é possível o detalhamento do modelo em várias atividades complexas fornecendo uma visão da complexidade das operações na organização;
- é um método eficaz e preciso para estimar o custo real da ferramenta de serviço;
- fornece dados mais adequados sobre custo e rentabilidade do cliente;
- permite que os gerentes desenvolvam uma estratégia otimizada para aumentar a produtividade e melhorar os processos.

Outros artigos foram estudados a respeito da aplicação do TDABC para encontrar situações que se assemelhassem às do foco deste estudo.

Alguns foram analisados quanto ao uso das equações do tempo. Wernke *et al.* (2016b) definem um tempo-padrão diferente para cada processo, dependendo do produto envolvido, no

caso de uma pequena indústria de costura. Ao obter o resultado do custo de todos os produtos, multiplicam-no pelo volume produzido no período, permitindo a obtenção do percentual de recursos não-utilizados. Esse mesmo processo é realizado por Colpo *et al.* (2015), que consideram como objetos de custo os clientes de uma empresa de serviços contábeis. Esse cálculo de percentual de recursos não-utilizados não pôde ser realizado neste trabalho por conta do grande número de ensaios diferentes que são feitos no setor de embalagens e não foram foco do estudo.

Chang e Zhuang (2017) propõem um modelo de TDABC em conjunto com um cálculo de decisão de *mix* de produtos, assim como Saraiva Jr (2010).

Souza et al. (2012) utilizam apenas variáveis binárias nas equações do tempo ao aplicar o TDABC em uma empresa varejista. Assim, possibilitam que atividades complexas sejam representadas de forma sucinta com algumas respostas positivas ou negativas.

Abu e Zaine (2019) apresentam em seu artigo que, dentre 56 publicações de aplicações do método TDABC, 66% tratavam de casos na área da saúde.

Em alguns casos de aplicações em laboratórios de serviços de saúde, de fato bastante encontrados ao se buscar aplicações do TDABC, pôde-se observar Wernke *et al.* (2016a), que, em um caso de laboratório de próteses dentárias, aplicam as equações do tempo com apenas uma taxa para todos os serviços e calculam a capacidade não-utilizada. Daroit *et al.* (2018) fazem uma interessante aplicação das equações do tempo em um departamento de radiologia hospitalar com cinco diferentes taxas de custo, sendo cada uma para cada função exercida e uma para a estrutura.

Andrade e Behr (2015) utilizam diferentes taxas de custo para os diferentes horários de atendimento, utilizando integrações para solucionar as equações do tempo em um laboratório de análises clínicas. O mesmo fizeram Hein e Cardoso (2008), também em um caso de laboratório de análises clínicas com diferentes capacidades em cada horário de atendimento, definindo apenas um tempo-padrão para cada procedimento e multiplicando-o pelo número de repetições para obter um tempo diário.

3 ESTUDO DE CASO

Trata-se de um laboratório de serviços em uma organização sem fins lucrativos. Não existem produtos finais aos quais podem ser alocados diretamente custos variáveis, como matérias primas. Neste caso, os objetos de custos foram considerados ensaios corriqueiros que são vendidos aos clientes. Os atendimentos aos clientes variam desde aqueles em que é necessário explicar ao cliente sobre como são realizados os ensaios e “diagnosticar” o problema do cliente em sua embalagem, até aqueles em que o cliente já possui um pedido formal e a norma técnica que precisa que seja seguida.

Por isso, é um serviço feito por encomenda. Apesar dos ensaios serem padronizados, ocorrem muitas variações nos pedidos, o que torna o processo como um todo de difícil padronização.

3.1 O INSTITUTO

Trata-se de um instituto tecnológico que atua em diversas áreas com grande contribuição para a sociedade.

Um dos maiores institutos de pesquisas do Brasil, o IPT conta com laboratórios capacitados e equipe de pesquisadores e técnicos altamente qualificados, atuando basicamente em quatro grandes áreas - inovação, pesquisa & desenvolvimento; serviços tecnológicos; desenvolvimento & apoio metrológico e informação & educação em tecnologia. Atento às necessidades dos setores público e privado, provê soluções e serviços tecnológicos que visam aumentar a competitividade das empresas e promover a qualidade de vida. Por meio de doze centros tecnológicos, atua de forma multidisciplinar, contemplando os mais diversos segmentos como energia, transportes, petróleo & gás, meio ambiente, construção civil, cidades, saúde e segurança (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2019d).

O Laboratório de Celulose, Papel e Embalagem, mais especificamente o Setor de Embalagem, atua no desenvolvimento e avaliação de desempenho de embalagens e sistemas de acondicionamento.

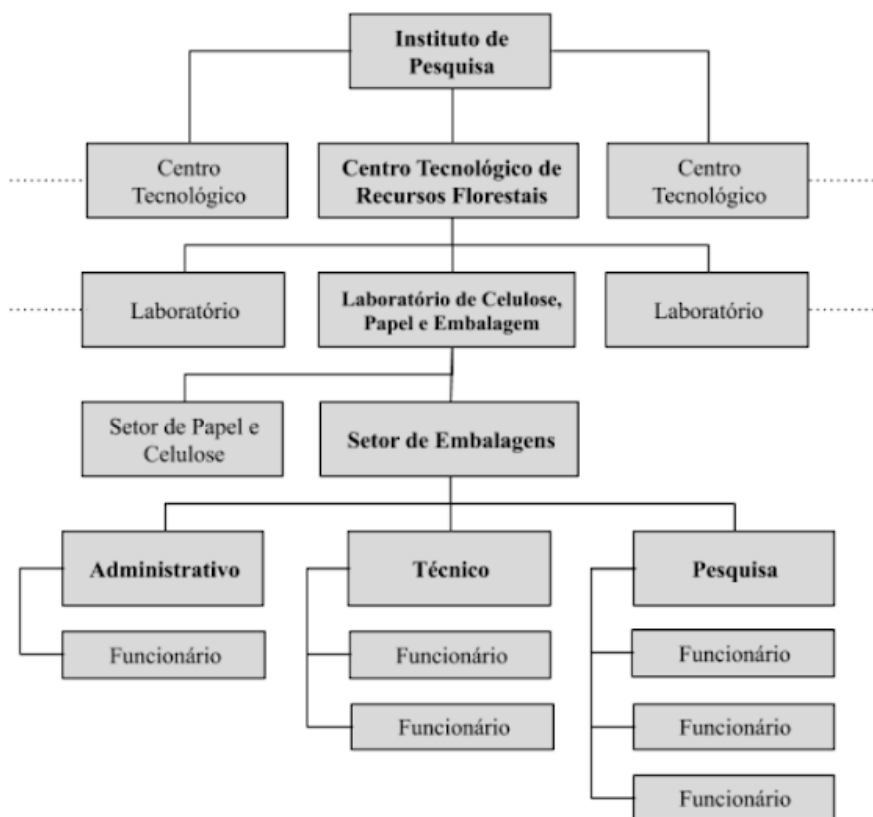
Provê soluções tecnológicas em: avaliação de desempenho de embalagem; projeto e desenvolvimento de embalagem; treinamento em especificação e controle da qualidade da embalagem; avaliação do desempenho de paletes, contentores e unidades de carga. O laboratório

também possui infraestrutura e capacitação para realizar ensaios climáticos e mecânicos, simulando o ambiente de exposição das cargas na cadeia logística (armazenamento, transporte e manuseio), uso final e destinação pós-uso: testes de embalagens para resíduos de serviço de saúde; testes de embalagens para produtos perigosos; avaliação de sistemas de acondicionamento de cargas e de estruturas de armazenagem; controle da qualidade e normalização; atividades multidisciplinares, tais como estudo de processos de fabricação de embalagens, envase, automação logística, ensaios de campo, com apoio de toda a estrutura do IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2019b).

Segundo dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2019a), 51% da sua receita vem do Governo do Estado de São Paulo e 49% da venda de serviços e projetos para o setor público e privado, totalizando cerca de R\$ 175 milhões em 2018. São 120 anos de existência, 37 laboratórios agrupados em 12 centros tecnológicos e mais de 1.000 profissionais. Em 2018 foram mais de 2.900 clientes atendidos, 20.500 documentos técnicos emitidos, 4.000 notícias veiculadas na mídia e 35% da receita com projetos de inovação. O Campus São Paulo do IPT fica localizado dentro da Cidade Universitária e possui 103,5 mil m² de área construída. Conta, ainda, com centros instalados em Franca e em São José dos Campos.

Na Figura 5, que apresenta parte do organograma do instituto, destaca-se o setor de embalagens e abaixo dele os departamentos analisados neste trabalho.

Figura 5 – Organograma parcial do instituto



Fonte: autora

O setor de embalagens, foco deste trabalho, possui atualmente 6 funcionários. Em 2019, foram recebidas mais de 250 solicitações de orçamentos e executados mais de 70 serviços. Este setor possui 790 m² de área construída e 50 equipamentos calibrados. São cerca de 60 ensaios corriqueiros oferecidos, além daqueles que são desenvolvidos especialmente sob demanda específica de clientes. As variações nos métodos de ensaios, de acordo com diversas normas técnicas, geram dificuldades no processo de orçamentação dos mesmos. Ressalta-se que o setor, além de realizar os ensaios, ajuda os clientes a diagnosticar quais devem ser feitos em casos em que não é especificado, conforme as necessidades do cliente. No ano de 2019, apenas 37% dos orçamentos emitidos pelo setor foram aprovados.

3.2 OS ENSAIOS

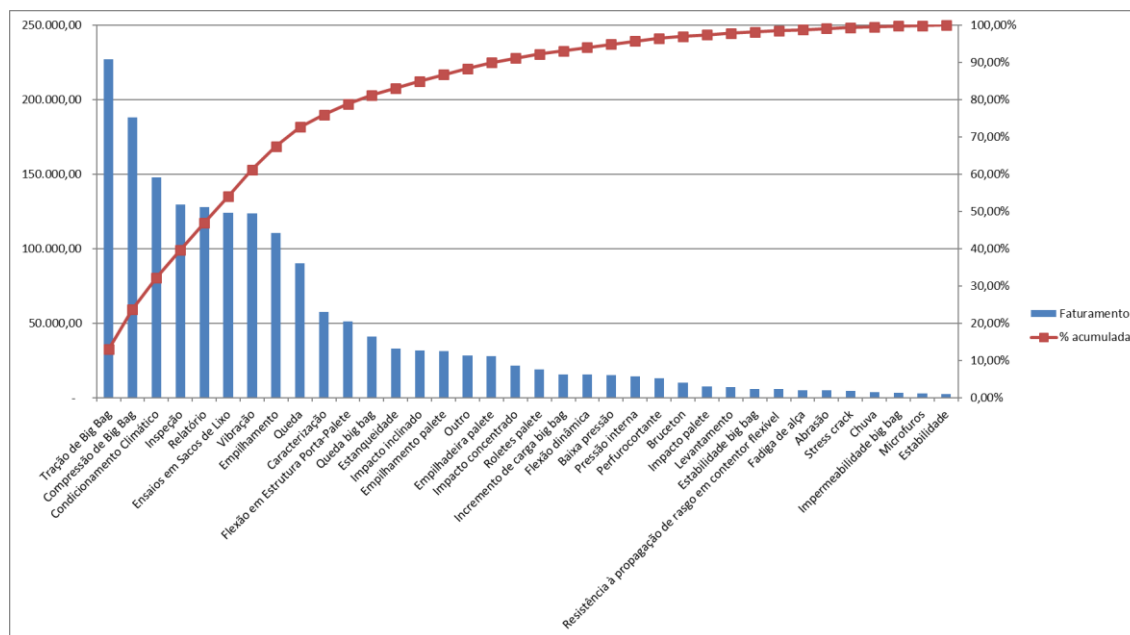
A lista de ensaios realizados pelo laboratório foi estudada e foram feitas algumas observações, a seguir relacionadas, que permitiram uma reorganização dessa lista:

- Alguns ensaios são do mesmo tipo, porém realizados em corpos-de-prova diferentes;

- Alguns ensaios são vendidos em forma de pacote que contém vários ensaios;
- Alguns ensaios são sempre solicitados em conjunto e nunca separadamente;
- Existem ensaios listados com nomes diferentes mas correspondentes ao mesmo serviço.

Uma lista de mais de 100 serviços faturados nos últimos quatro anos foi organizada em 36 serviços, somando-se o faturamento daqueles a serem agrupados. A esses foi aplicada uma análise de *Pareto* para classificar os serviços oferecidos quanto ao faturamento gerado nos últimos quatro anos. Ou seja, os ensaios foram ordenados conforme suas respectivas somatórias de faturamento gerado. Esse gráfico permite selecionar os ensaios mais relevantes, considerados aqueles que juntos somam 80% do faturamento do laboratório. A Figura 6, a seguir, mostra os resultados dessa análise.

Figura 6 - Análise de *Pareto*



Fonte: autora

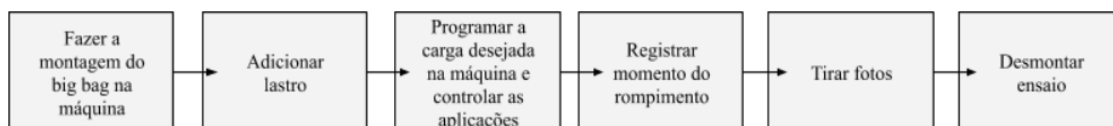
Assim, os 10 serviços de maior importância que serão foco desse trabalho são:

- Tração de *Big Bag*
- Compressão de *Big Bag*
- Condicionamento Climático
- Inspeção
- Ensaio em Sacos de Lixo
- Vibração
- Empilhamento

- Queda
- Caracterização
- Flexão em Estrutura Porta-Palete

Os dois primeiros ensaios, tração e compressão em *big bags*, consistem em verificar o desempenho de contentores flexíveis (*big bags*) utilizados para armazenamento e transporte de produtos a granel simulando o carregamento de grandes cargas. São materiais que exigem o uso de empilhadeiras para serem colocados nos equipamentos de teste, também de grande porte, de complexo manuseio. As cargas aplicadas precisam ser programadas nos equipamentos e acompanhadas pelos técnicos. São serviços muito recorrentes e com poucas variações por serem, para a grande maioria dos clientes, sempre seguidas as mesmas normas técnicas. Em geral, a etapa de realização desses ensaios segue um padrão como demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Processo básico de ensaio em *big bag*



Fonte: autora

Os ensaios de condicionamento climático, vibração, empilhamento e queda fazem parte de uma série de ensaios de simulação de transporte. Existe uma grande variedade de normas técnicas para esses ensaios e a norma utilizada depende das necessidades do cliente. São ensaios realizados em diversos tipos de embalagem, de diferentes materiais e tamanhos, o que também gera grande variação na forma de realização.

Os ensaios em sacos de lixo foram selecionados como um exemplo de pacote de ensaios vendido pelo laboratório. Para quase todos os clientes, é realizada uma série de sete ensaios em vários corpos de prova, sempre seguindo a mesma norma técnica.

O ensaio de flexão em estrutura porta-paleta é um dos ensaios comuns realizados em paletes para verificar sua resistência e rigidez. Assim como no caso de sacos de lixo e *big bags*, há normas técnicas específicas para ensaios em paletes. Os ensaios a serem feitos devem ser selecionados conforme as formas que o cliente utiliza para armazenar e transportar os paletes (porta-paletes, empilhadeiras, roletes, etc.). São ensaios que exigem uma montagem e aplicação de força com acompanhamento do técnico.

Finalmente, alguns dos serviços principais segundo a análise de *Pareto*, são serviços que são sempre vendidos acompanhados de algum outro ensaio. São eles: caracterização, inspeção e relatório. Caracterização normalmente é feita para realizar medições e análises visuais de embalagens e ocorre antes da realização dos outros ensaios. Inspeção costuma ser feita após o final dos ensaios. Uma inspeção básica sempre é feita para se observar os resultados dos ensaios, que são, em sua maioria, qualitativos. Porém, há casos em que se deseja analisar também o conteúdo das embalagens ensaiadas, embalagens secundárias, etc., o que exige uma inspeção mais detalhada. Apesar de todos os ensaios serem acompanhados de um relatório feito ao final do processo, tal relatório é vendido separadamente para que no momento da orçamentação possa ser avaliado se será um relatório muito extenso ou não, a depender da quantidade de ensaios realizados e outros fatores como análises, imagens, normas escolhidas e condições especiais de ensaio.

4 PROPOSTA DE MODELO DE TDABC

Este trabalho consiste no aprofundamento desses estudos e do método TDABC para aplicá-lo ao caso do setor laboratorial de ensaios em embalagens. Foi proposta uma forma de aplicação baseada nos custos obtidos, na complexidade das atividades realizadas e nos ensaios objetos de custo. Com o uso de equações do tempo para as atividades, foi possível direcionar os custos aos objetos de custo.

Para manter o sigilo com relação aos dados do instituto, todos os valores monetários foram multiplicados por um fator.

4.1 CUSTO DA CAPACIDADE FORNECIDA

Para a aplicação do TDABC, o primeiro passo para determinar o custo dos serviços selecionados foi calcular o custo da capacidade fornecida. Foram utilizados quatro principais recursos, sendo eles funcionários, divididos em três diferentes funções - administrativo, técnico e pesquisa - , e equipamentos.

Considerou-se que uma única taxa de custo de capacidade para cada função exercida seria inadequada por haver atividades realizadas apenas por equipamentos, ou seja, o equipamento é deixado trabalhando de modo autônomo, sem acompanhamento de um técnico. Assim, foram calculadas: uma taxa do custo da capacidade dos funcionários para cada uma das três diferentes funções e uma taxa para o custo da capacidade dos equipamentos de ensaio.

Os custos considerados foram aqueles referentes a um período de seis meses, por conta da disponibilidade e consistência dos dados levantados. Os custos dos funcionários (remunerações, encargos sociais e benefícios) foram fornecidos pelo instituto. Os custos de depreciação dos equipamentos de ensaio foram calculados através de um custo médio de reposição dos principais equipamentos. Foi utilizada uma depreciação de 10% ao ano.

Os custos de manutenção e de ocupação, ou seja, custos de utilidades como água, energia, gás e telefone, além de serviços de jardinagem, vigilância e limpeza, que são “cobrados” dos laboratórios pelo instituto e participam do resultado desses laboratórios, não foram alocados aos produtos para evitar a necessidade de rateio. Esses custos devem ser pagos pela margem de contribuição dos ensaios realizados. O restante da margem de contribuição deve ser capaz de contribuir para os custos de administração dos centros tecnológicos e da administração central do instituto. Vale ressaltar que o instituto recebe também uma dotação do

governo, que a diretoria decide a quais projetos repassar, mas não é utilizada para custos de ensaios corriqueiros.

Os custos totais da capacidade fornecida, calculados para cada recurso, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Custos da capacidade fornecida

	Administrativo (R\$/semestre)	Técnico (R\$/semestre)	Pesquisa (R\$/semestre)	Equipamentos (R\$/semestre)
Funcionários	63.000,00	343.156,80	811.036,80	
Depreciação				211.093,75
Total	63.000,00	343.156,80	811.036,80	211.093,75

Fonte: autora

Esses custos devem ser divididos pelas capacidades práticas dos recursos fornecidos, conforme a Equação 1, para que se possa obter a taxa do custo da capacidade e aplicá-la às equações do tempo das atividades, conforme a Equação 2, ambas as equações no Capítulo 2.

4.2 CAPACIDADE PRÁTICA DOS RECURSOS FORNECIDOS

O segundo cálculo realizado foi o da capacidade prática dos recursos fornecidos, ou seja, o tempo disponível dos empregados e equipamentos que efetivamente executam o trabalho, em minutos, para o período de seis meses.

Para o cálculo da capacidade prática dos recursos humanos fornecidos foram considerados 240 dias úteis por ano e descontados 30 dias de férias, resultando em 18 dias úteis por mês. Considerando a carga horária de 8 horas de trabalho por dia e permitindo 20% do tempo do pessoal para pausas, chegada e partida, treinamento, reuniões e bate-papo, conforme recomendado por Kaplan e Anderson (2007), são 384 minutos trabalhados por dia; logo 6.720 minutos por mês, por funcionário. No período de 6 meses considerado, a capacidade prática de cada funcionário é de 40.320 minutos. Dessa maneira, os valores da capacidade prática dos recursos humanos fornecidos para cada função exercida estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Capacidade prática dos recursos fornecidos

Função	Capacidade prática por funcionário (min.)	Nº de funcionários	Capacidade prática total (min.)
Administrativo	40.320	1	40.320
Técnico	40.320	2	80.640
Pesquisa	40.320	2,75	110.880

Fonte: autora

No terceiro caso, são considerados 2,75 funcionários pois um deles trabalha 75% do número de horas trabalhadas pelos demais.

Um cálculo análogo foi feito para a capacidade prática dos recursos não-humanos fornecidos. Dado que os equipamentos, como uma câmara de condicionamento climático, podem trabalhar mesmo na ausência de funcionários, foram considerados 365 dias no ano e 24 horas por dia, com 20% para tempo impossibilitado de atividade devido a manutenção, reparo e programação de flutuações, conforme recomendado por Kaplan e Anderson (2007). Como cada equipamento tem uma finalidade diferente, as capacidades não foram somadas como no caso dos funcionários. Assim, a capacidade prática para os equipamentos foi de 35.040 minutos por mês ou 210.240 para o período de seis meses.

4.3 TAXA DO CUSTO DA CAPACIDADE

Cada uma das taxas do custo da capacidade foi calculada dividindo-se o custo de capacidade prática pela capacidade prática dos recursos fornecidos, conforme a Equação 1. Com essas taxas é possível calcular o custo de cada objeto de custo com o uso das equações do tempo das atividades realizadas. Os valores encontrados para as taxas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Taxas do custo da capacidade

	Custo da capacidade fornecida (R\$)	Capacidade prática dos recursos fornecidos (min.)	Taxa do custo da capacidade (R\$/min.)
Administrativo	63.000,00	40.320	1,56
Técnico	343.156,80	80.640	4,26
Pesquisa	811.036,80	110.880	7,31
Equipamentos	211.093,75	210.240	1,00

Fonte: autora

4.4 ATIVIDADES

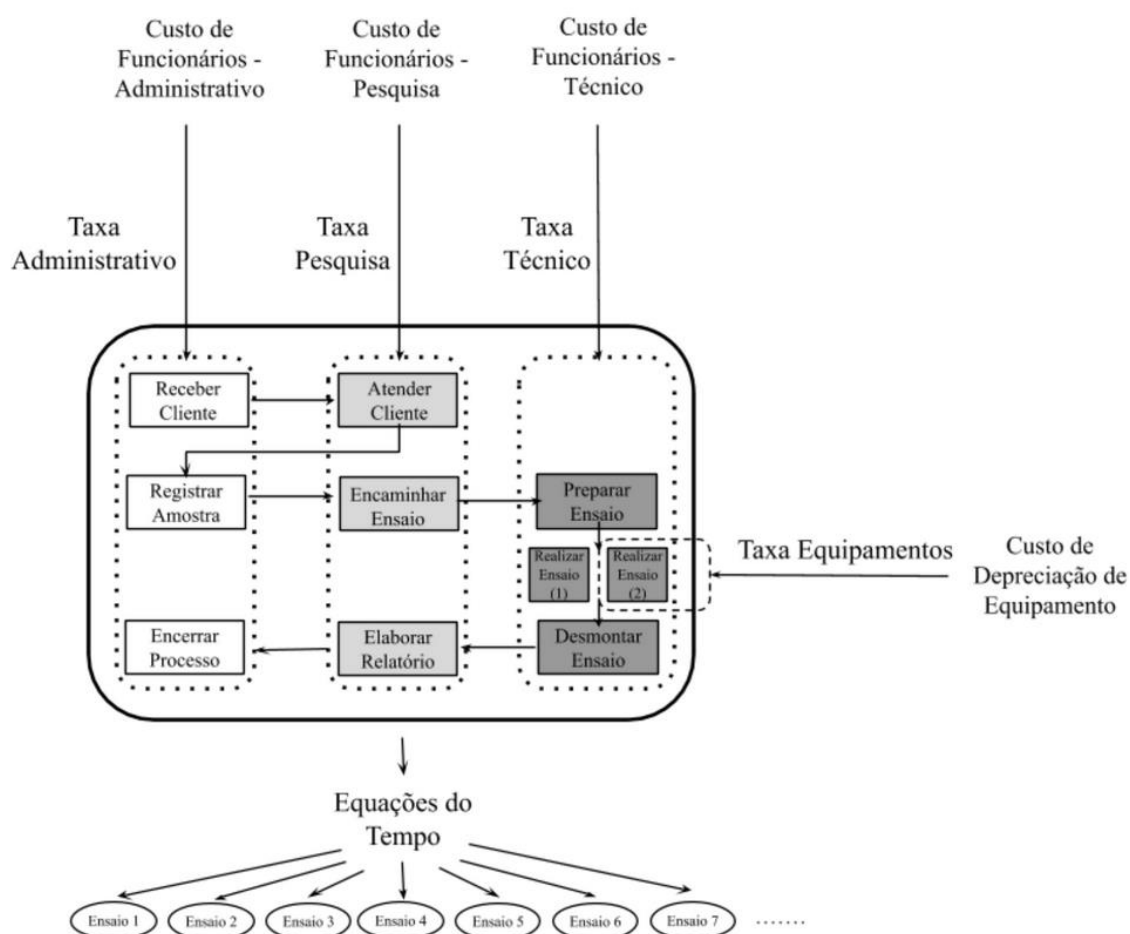
Para a construção das equações do tempo, foi necessário listar todas as atividades realizadas e seus respectivos executores. Elas foram agrupadas em dez processos principais:

1. Receber Solicitação (RS) – administrativo
2. Atender Cliente (AC) – pesquisa
3. Registrar o Processo (RP) – administrativo
4. Encaminhar o início do Ensaio (EE) – pesquisa
5. Preparar Ensaio (PE) – técnico

6. Realizar Ensaio (RE1) - técnico
7. Realizar Ensaio (RE2) - apenas equipamentos
8. Desmontar Ensaio (DE) – técnico
9. Elaborar Relatório (RE) – pesquisa
10. Encerrar Processo (EP) – administrativo

A Figura 8 apresenta a maneira com que foi feita a aplicação das taxas de custo da capacidade dos recursos para cada processo realizado. Ressalta-se que o processo de Realizar Ensaio foi dividido em (1) e (2) visto que pode ser realizado apenas por técnicos, apenas por equipamentos, ou por ambos. Isso foi levado em consideração no momento de aplicação das equações do tempo.

Figura 8 - Alocação dos custos



Fonte: autora

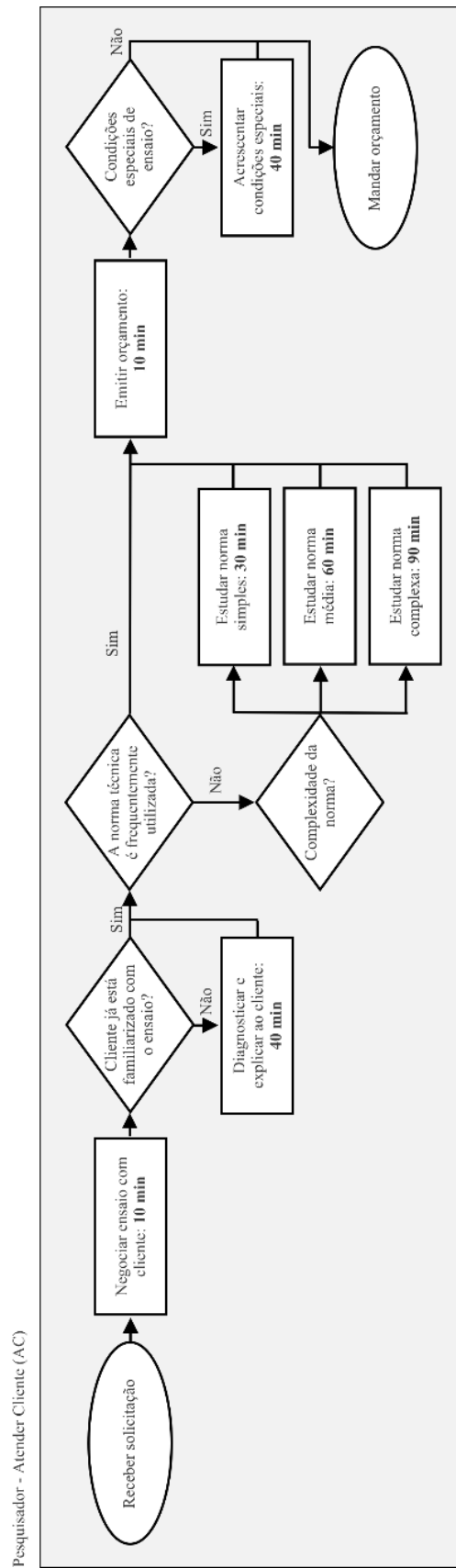
Cada um desses processos é composto por algumas atividades. O passo seguinte consistiu em obter os tempos de execução de cada uma das atividades que os compõem. Para

isso foram feitas entrevistas tanto presenciais como remotas com os executantes dos serviços. Apesar de ser necessário estimar o tempo de realização de cada atividade, o modelo permitiu que este tempo fosse diferente em função das variáveis envolvidas na sua realização, através da aplicação das equações de tempo. Foram necessárias várias tentativas para encontrar a melhor forma de incluir as variáveis nessas equações de forma otimizada, dada a complexidade dos processos.

Neste trabalho optou-se por utilizar tanto variáveis binárias quanto variáveis não-binárias na formulação das equações do tempo, além de algumas variáveis com três níveis de complexidade da atividade desenvolvida – baixa, média e alta.

Um total de 36 atividades foram estudadas. Com as informações obtidas, foi possível construir um mapa do fluxo dos processos, baseado no exemplo de Kaplan e Anderson (2007, p. 35). Esse mapa contém todas as atividades, os tempos de execução e as variáveis envolvidas e pode ser visto, integralmente, nos Apêndices A, B e C. Na Figura 9, a seguir, como exemplo, é apresentado o mapa do fluxo do processo para a etapa “Atender Cliente”.

Figura 9 - Mapa do fluxo do processo (Atender Cliente)



Todas as atividades realizadas dentro de cada processo, bem como os tempos estimados para a realização de cada uma delas, podem ser observados nas Tabelas 4 a 8.

Tabela 4 - Tempo das atividades - administrativo

Processos	Atividades	Tempo em condições normais (min.)	Tempo acrescentado caso cliente não seja cadastrado (min.)	Tempo acrescentado caso necessária retificação de informações (min.)
Receber solicitação (RS)	Encaminhar solicitação ao responsável	4		
	Registrar orçamento	5		
Registrar o processo (RP)	Cadastrar cliente		24	
	Registrar número de amostra	2		
	Receber nota fiscal	2		
Encerrar processo (EP)	Enviar relatório	4		
	Faturar	10		
	Retificar informações			30
	Encerrar processo no sistema	4		

Fonte: autora

Tabela 5 - Tempo das atividades - técnico (1)

Processos	Atividades	Tempo em condições normais (min.)	Tempo acrescentado no caso de montagem complexa (min.)	Tempo acrescentado no caso de necessidade de uso de empilhadeira (min.)	Tempo acrescentado no caso de necessidade de configuração do equipamento (min.) a depender da complexidade (baixa, média ou alta).
Preparar ensaio (PE)	Montar no equipamento	20	25		
	Buscar empilhadeira			20	
	Configurar equipamento				8

Fonte: autora

Tabela 6 - Tempo das atividades - técnico (2)

Processos	Atividades	Tempo de uma repetição para ensaios de repetições (min.)	Tempo ensaios de média duração (min.)	Unidade de tempo de ensaios de longa duração (min.) multiplicando-se conforme a norma. Caso necessário acompanhamento.	Unidade de tempo de ensaios de longa duração (min.) multiplicando-se conforme a norma. Caso não seja necessário acompanhamento.
Realizar ensaio (RE)	Realizar ensaio	2	40	60	60

Fonte: autora

Tabela 7 - Tempo das atividades - técnico (3)

Processos	Atividades	Tempo em condições normais (min.)	Tempo acrescentado em caso de limpeza de resíduos (min.) a depender da complexidade (baixa, média, alta).	Tempo de uma repetição no caso de necessidade de inspeção interna (min.)	Tempo acrescentado no caso de necessidade de uso de empilhadeira (min.)
Desmontar ensaio (DE)	Inspecionar internamente			2	
	Anotar resultados	10			
	Tirar fotos	10			
	Desmontar ensaio	10			
	Guardar empilhadeira				20
	Limpar resíduos		10		
	Enviar resultados	30			

Fonte: autora

Tabela 8 - Tempo das atividades - pesquisa

Processos	Atividades	Tempo em condições normais (min.)	Tempo acrescentado em caso de norma nunca utilizada (min.) a depender do nível de complexidade (baixo, médio ou alto).	Tempo acrescentado em caso que cliente nunca realizou o ensaio (min.)	Tempo acrescentado em caso de condições especiais de ensaio (min.)	Tempo acrescentado em caso de inclusão de análises e fotos no relatório (min.)
Atender cliente (AC)	Negociar ensaio com cliente	10				
	Diagnosticar e explicar ao cliente			40		
	Estudar normas técnicas		30			
	Emitir orçamento	10				
	Acrescentar condições especiais				40	
Encaminhar o início do ensaio (EE)	Receber e conferir amostra	30				
	Atualizar registros no sistema	30				
	Elaborar planilha de resultados	10				
	Acrescentar condições especiais				40	
	Acompanhar ensaio		12			
Elaborar relatório (ER)	Montar esqueleto do relatório	10				
	Elaborar conteúdo	40				
	Acrescentar condições especiais				20	
	Desenvolver conteúdo de norma estudada		28			
	Fazer análises					200

Fonte: autora

Essas informações permitiram a composição das equações do tempo, apresentadas na seção a seguir.

4.5 MONTAGEM DAS EQUAÇÕES DO TEMPO

Para calcular os tempos dos processos foram utilizadas as equações do tempo do método TDABC conforme a Equação 2. Foram criadas variáveis que acrescentassem os tempos nos

processos conforme necessidade. Destaca-se que esse processo de escolha das variáveis não é exato e pode ser aperfeiçoado conforme discussão e utilização do método. As equações construídas para cada um dos processos encontram-se a seguir:

Equação 3 - Receber Cliente

$$RC = 4 \quad (3)$$

Equação 4 - Atender Cliente

$$AC = 10 + 10 + X_{12} * 30 + X_{13} * 40 + X_{14} * 40 \quad (4)$$

Equação 5 - Registrar Amostra

$$RA = 5 + X_1 * 24 + 2 + 2 \quad (5)$$

Equação 6 - Encaminhar Ensaio

$$EE = 30 + 30 + 10 + 10 + X_{12} * 12 + X_{14} * 40 \quad (6)$$

Equação 7 - Preparar Ensaio

$$PE = 20 + X_3 * 25 + X_4 * 20 + X_5 * 8 \quad (7)$$

Equação 8 - Realizar Ensaio (1)

$$RE1 = X_6 * 2 + X_7 * 40 + X_8 * 60 \quad (8)$$

Equação 9 - Realizar Ensaio (2)

$$RE2 = X_9 * 60 + X_4 * (20+20) \quad (9)$$

Equação 10 - Desmontar Ensaio

$$DE = 10 + 10 + 10 + 30 + X_{10} * 10 + X_{11} * 2 + X_4 * 20 \quad (10)$$

Equação 11 - Elaborar Relatório

$$ER = 10 + 40 + X_{12} * 28 + X_{14} * 20 + X_{15} * 200 \quad (11)$$

Equação 12 - Encerrar Processo

$$EP = 4 + 10 + X2 * 30 + 4 \quad (12)$$

Nas quais:

$X1 = 1$, caso o cliente não seja cadastrado; e 0, caso contrário;

$X2 = 1$, caso seja necessária correção de informação incorreta; e 0, caso contrário;

$X3 = 1$, caso a montagem do ensaio seja complexa; e 0, caso contrário;

$X4 = 1$, caso seja necessário o uso de empilhadeira; e 0, caso contrário;

$X5 = 1$, caso seja necessária configuração no equipamento de complexidade baixa; 2, caso seja necessária configuração no equipamento de complexidade média; 3, caso seja necessária configuração no equipamento de complexidade alta; 0, caso contrário;

$X6 =$ número de repetições, caso o ensaio seja de repetições; e 0, caso contrário;

$X7 = 1$, caso o ensaio seja de média duração; e 0, caso contrário;

$X8 =$ número de horas de ensaio conforme a norma, caso o ensaio seja de longa duração com acompanhamento do técnico; e 0, caso contrário;

$X9 =$ número de horas de ensaio conforme a norma, caso o ensaio seja de longa duração sem acompanhamento do técnico; e 0, caso contrário;

$X10 = 1$, caso seja necessária limpeza de resíduos de complexidade baixa; 2, caso seja necessária limpeza de resíduos de complexidade média; 3, caso seja necessária limpeza de resíduos de complexidade alta; 0, caso contrário;

$X11 =$ número de embalagens secundárias a serem inspecionadas, em caso de necessidade de inspeção interna; e 0, caso contrário.

$X12 = 1$, caso a norma necessária para realização do ensaio não seja frequentemente utilizada e tenha complexidade baixa; 2, caso a norma necessária para realização do ensaio não seja frequentemente utilizada e tenha complexidade média; 3, caso a norma necessária para realização do ensaio não seja frequentemente utilizada e tenha complexidade alta; e 0, caso contrário;

$X13 = 1$, caso o cliente nunca tenha realizado o ensaio; e 0, caso contrário;

$X_{14} = 1$, no caso de condições especiais de ensaio ou alterações; e 0, caso contrário; e

$X_{15} = 1$, no caso de inclusão de análises no relatório; e 0, caso contrário.

Usando essas equações, com a determinação do valor de cada variável para os ensaios realizados no período, foi possível obter os tempos totais de realização das atividades que serão apresentados no Capítulo 5.

5 RESULTADOS

Com o uso das equações do tempo, foram calculados os custos dos ensaios realizados nos últimos seis meses de 2019, referentes aos tipos selecionados na análise de *Pareto* apresentada no Capítulo 3. Ou seja, foram analisados todos os ensaios de Tração de *Big Bag*, Compressão de *Big Bag*, Condicionamento Climático, Inspeção, Ensaios em Sacos de Lixo, Vibração, Empilhamento, Queda, Caracterização e Flexão em Estrutura Porta-Paleta executados para diferentes clientes nesse período, totalizando 45 ensaios.

Foram atribuídos valores para todas as variáveis X_i nesses 45 casos, conforme os dados extraídos dos relatórios emitidos para cada um desses ensaios, além de dados complementares obtidos com a equipe. Os cálculos conduziram a diferentes resultados para cada caso explorado, apresentados no Apêndice F, a partir dos quais foi extraído um custo médio para cada tipo de ensaio. Os valores dos custos então obtidos foram comparados aos custos adotados pelo setor.

A seguir foram levantados os preços normalmente cobrados para realização desses ensaios, incluindo o valor cobrado pela emissão do relatório de ensaio, atividade que fez parte da análise.

Com os valores de custos e preços dos ensaios, foi possível calcular as margens de contribuição de cada ensaio realizado, bem como a margem de contribuição média para cada tipo de ensaio. Também foi possível calcular o tempo total gasto com esses ensaios.

Ressalta-se, novamente, que para manter o sigilo com relação aos dados do instituto, todos os valores monetários foram multiplicados por um fator.

5.1 APLICAÇÃO DO MODELO COM VARIÁVEIS

As equações do tempo construídas podem ser utilizadas para calcular o custo de um determinado ensaio. Para isso, basta preencher o valor das variáveis para cada processo, obtendo-se, assim, o tempo total. Conforme explicado no Capítulo 4, optou-se por utilizar tanto variáveis binárias quanto variáveis não-binárias na formulação das equações do tempo, além de algumas variáveis com três níveis de complexidade da atividade desenvolvida – baixa, média e alta.

Para cada um dos casos estudados dentre os ensaios realizados no período, foram definidos os valores de todas as variáveis. Segue um pequeno exemplo de como isso foi feito

na Tabela 9, na qual constam oito dos ensaios realizados conforme número do pedido e tipo do ensaio, bem como os respectivos valores atribuídos para todas as variáveis.

Tabela 9 - Atribuição de valores às variáveis

Pedido	Tipo do Ensaio	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
23	Compressão de Big Bag	0	1	1	1	3	0	0	1	6	2	0	0	0	1	0
24	Tração de Big Bag	0	0	0	1	3	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0
25	Queda	0	1	1	0	0	12	0	0	0	1	12	1	0	0	0
27	Queda	0	1	1	0	0	9	0	0	0	1	9	1	0	0	0
29	Queda	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
29	Condicionamento Climático	0	0	0	0	2	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0
29	Vibração	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
30	Ensaio em Sacos de Lixo	0	0	1	0	0	224	0	0	0	2	0	0	0	0	1

Fonte: autora

Esses e todos os demais ensaios e valores atribuídos encontram-se apresentados no Apêndice D.

5.2 TEMPO TOTAL DO PROCESSO

Com as variáveis definidas, é possível calcular o tempo total de cada processo com o uso das equações do tempo. Por exemplo, para o processo “Elaborar Relatório”, no caso do pedido 23 do período analisado, ensaio de Compressão de Big Bag, as variáveis X12, X14 e X15 estão definidas na Tabela 9. Nesse caso, não era necessário o estudo de normas técnicas, não eram feitas análises no relatório (são expostos apenas resultados), mas o cliente solicitou condições especiais de ensaio. Assim, o valor de X12 e X15 é zero, mas o valor de X14 é 1. Sendo a equação desse processo, como demonstrado no Capítulo 4, igual a $ER = 10 + 40 + X12 * 28 + X14 * 20 + X15 * 200$, o tempo total obtido é de 70 minutos.

Seguindo o mesmo procedimento, obtém-se os tempos de cada um dos processos para cada um dos ensaios. Os valores calculados para os oito ensaios exemplificados na Tabela 9 encontram-se apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Tempos totais dos processos

Pedido	Tipo do Ensaio	RS (min.)	AC (min.)	RP (min.)	EE (min.)	PE (min.)	RE1 (min.)	RE2 (min.)	DE (min.)	ER (min.)	EP (min.)
23	Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	100	70	48
24	Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	100	50	18
25	Queda	4	50	9	82	45	24	0	94	78	48
27	Queda	4	50	9	82	45	18	0	88	78	48
29	Queda	4	50	9	82	45	12	0	60	78	18
29	Condicionamento Climático	4	20	9	70	36	0	1320	60	50	18
29	Vibração	4	50	9	82	61	0	120	60	78	18
30	Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	9	70	45	448	0	80	250	18

Fonte: autora

Esses e todos os demais valores de tempos totais calculados estão apresentados no Apêndice E.

5.3 CUSTOS

Os custos são calculados através da soma dos produtos dos tempos totais dos processos pelas taxas calculadas. Os tempos de cada processo são multiplicados pela taxa referente aos respectivos recursos, conforme explicado na Figura 8 no Capítulo 4.

Na Tabela 11 podem ser vistos os valores das taxas utilizados para multiplicar o valor do tempo de cada processo, assim como o custo obtido para cada ensaio.

Tabela 11 - Custos dos ensaios realizados

Taxa (R\$/min.) =>	1,56	7,31	1,56	7,31	4,26	4,26	1,00	4,26	7,31	1,56	
Tipo do Ensaio	RS (min.)	AC (min.)	RP (min.)	EE (min.)	PE (min.)	RE1 (min.)	RE2 (min.)	DE (min.)	ER (min.)	EP (min.)	Custo (R\$)
Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	100	70	48	3.312,03
Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	100	50	18	2.040,98
Queda	4	50	9	82	45	24	0	94	78	48	2.325,00
Queda	4	50	9	82	45	18	0	88	78	48	2.273,93
Queda	4	50	9	82	45	12	0	60	78	18	2.082,38
Condicionamento Climático	4	20	9	70	36	0	1320	60	50	18	2.806,35
Vibração	4	50	9	82	61	0	120	60	78	18	2.219,88
Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	9	70	45	448	0	80	250	18	4.973,74

Fonte: autora

Esses e todos os demais valores de tempos totais calculados estão apresentados no Apêndice E.

Com os valores de custos calculados para os 45 ensaios do período que foram estudados, foi calculada uma média de custo por tipo de ensaio. Essa média foi comparada aos custos utilizados pelo setor. A Tabela 12 apresenta o valor desses custos e a porcentagem referente ao custo calculado/custo anterior.

Tabela 12 - Comparação dos custos

Ensaio	Custo Anterior (R\$)	Custo Médio Calculado (R\$)	%
Tração de Big Bag	2.235,38	2.226,39	99,60%
Compressão de Big Bag	3.083,19	2.983,11	96,75%
Condicionamento Climático	15.199,10	13.045,78	85,83%
Inspeção	2.135,84	2.229,47	104,38%
Ensaio em Sacos de Lixo	3.629,01	4.350,76	119,89%
Vibração	2.322,88	2.569,16	110,60%
Empilhamento	2.334,96	2.068,81	88,60%
Queda	2.036,30	2.387,80	117,26%
Caracterização	2.036,30	1.901,15	93,36%
Flexão em Estrutura Porta-Paleta	2.832,73	3.331,81	117,62%

Fonte: autora

Observa-se que os valores calculados variam de menos 15% a mais 20% em relação aos valores utilizados anteriormente.

Por fim, foi calculada a margem de contribuição percentual média de cada tipo de ensaio utilizando o custo médio calculado, o preço do ensaio, e o valor de 14,25% de tributos recolhidos sobre a prestação de serviços. Esses valores estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Margem de contribuição

Ensaio	Custo Médio (R\$)	Preço Médio (R\$)	Margem de Contribuição Média (%)
Empilhamento	2.068,81	3.941,91	38,80%
Condicionamento Climático	13.045,78	25.163,60	38,10%
Ensaio em Sacos de Lixo	4.350,76	8.014,13	36,69%
Caracterização	1.901,15	3.190,32	30,51%
Compressão de Big Bag	2.983,11	4.978,79	30,13%
Tração de Big Bag	2.226,39	3.566,36	27,20%
Inspeção	2.229,47	3.345,51	22,28%
Vibração	2.569,16	3.712,14	19,29%
Queda	2.387,80	3.293,19	15,44%
Flexão em Estrutura Porta-Paleta	3.331,81	4.434,36	12,38%

Fonte: autora

Adicionalmente, para analisar o impacto de cada variável no custo dos ensaios, classificou-se o valor médio acrescentado no custo dos ensaios do período para cada uma das variáveis das equações do tempo. Na Tabela 14, apresentam-se essas variáveis e os respectivos valores médios calculados em ordem decrescente.

Tabela 14 - Impacto das variáveis no custo

Variável	Valor Acrescentado no Custo (R\$)
X9 Ensaio de longa duração sem acompanhamento técnico	1.941,70
X15 Análises	1.462,91
X14 Condições especiais de ensaio	731,45
X12 Estudo de normas	512,02
X6 Ensaio de repetições	472,35
X13 Orientações a clientes	292,58
X8 Ensaio de longa duração com acompanhamento técnico	291,80
X7 Ensaio de média duração	192,91
X3 Montagem complexa	106,39
X4 Uso de empilhadeira	102,13
X11 Inspeção de embalagens internas	87,95
X10 Limpeza de resíduos	77,37
X5 Configuração de equipamento	53,19
X2 Alterações no cadastro	46,88
X1 Cliente não cadastrado	37,50

Fonte: autora

Através dessa tabela pôde-se observar que longas durações de ensaios, inclusão de análises no relatório e condições especiais de ensaio são as variáveis que mais impactam o custo dos ensaios.

5.4 DISCUSSÕES

Somando-se o custo total de todos os ensaios estudados, obteve-se um valor equivalente a 10,96% dos custos totais dos recursos fornecidos. A margem de contribuição média de todos os ensaios analisados foi de 27,08%, capaz de contribuir com 5,64% do restante dos custos totais dos recursos fornecidos, ou com 33,53% dos custos de ocupação do setor.

Pôde-se perceber que os ensaios analisados, apesar de serem os mais relevantes em faturamento, ainda não representam grande parte do uso dos recursos fornecidos. Isso também pôde ser observado na somatória dos tempos utilizados. Para esses ensaios, foram utilizados, de acordo com as estimativas de tempo fornecidas, 2.007 minutos dos funcionários do administrativo, 6.892 minutos dos funcionários do técnico e 9.210 minutos dos funcionários de pesquisa. Esses tempos correspondem a porcentagens baixas dos tempos calculados como total das capacidades disponíveis.

Calcula-se que, em número de ensaios, os ensaios estudados corresponderam a 35% dos ensaios realizados no período. Além disso, conforme avaliação feita pelos próprios funcionários, cerca de 30% do tempo de atividade dos técnicos é atribuído a outras atividades não relacionadas diretamente a ensaios, como manutenção de equipamentos, participação em reuniões e treinamentos. No caso dos pesquisadores, cerca de 50% do tempo é atribuído a outras atividades como reuniões, planejamento, atualizações profissionais, serviços tecnológicos, elaboração de artigos e elaboração de propostas.

Em 2019, cerca de 60% dos orçamentos emitidos não foram aprovados, gerando um grande tempo de atendimento ao cliente não considerado nos custos dos ensaios efetivamente realizados, incluindo diagnóstico dos problemas dos clientes e recomendação de ensaios. Essas atividades são de grande importância em uma organização governamental, gerando valor para as empresas que procuram o instituto, apesar desses custos não serem cobertos pelo faturamento obtido.

Esses fatores ajudam a explicar as baixas porcentagens de tempo utilizado nos ensaios analisados em relação ao tempo total disponível. Além disso, atribui-se esses resultados a processos pouco otimizados e capacidade excedente, que pode ser utilizada também em atividades de outros setores.

No caso estudado, os serviços são realizados conforme encomenda o que dificulta o planejamento da utilização do tempo, tornando-o muito variável em função da demanda e por vezes fazendo-se com que haja uso ineficiente desse tempo. Sentiu-se que houve um impacto nos valores finais gerado pela somatória das ineficiências na realização das atividades ao longo do período.

6 CONCLUSÕES

O trabalho proporcionou um estudo sobre os diferentes métodos de custeio analisando suas principais diferenças. Aprofundou-se o estudo sobre o TDABC, e foram analisados casos de aplicações desse método em diversos setores, entre eles o setor de serviços. Observou-se grande número de aplicações desse método em serviços da área da saúde.

Foi proposto um modelo de aplicação de um dos mais recentes métodos, o TDABC. O modelo proposto foi desenvolvido baseado em um estudo de caso. Foram gerados mapas do fluxo do processo abrangendo as atividades realizadas e equações do tempo com diversas variáveis para o caso do setor de ensaios de desempenho em embalagens.

Com a aplicação do modelo proposto foram obtidos resultados relativos aos custos dos ensaios que se mostraram em sua maioria próximos aos calculados pela organização. Também foram obtidos resultados relacionados à utilização dos recursos disponíveis, acerca dos quais pôde-se levantar algumas discussões.

O método utilizado para proposição do modelo foi capaz de considerar a complexidade das operações de forma mais abrangente do que era feita pelo laboratório. No entanto, observou-se que o método, mesmo permitindo a inclusão de variáveis no cálculo dos tempos, ainda exige que os processos a ser analisados tenham certo grau de padronização para que os tempos definidos sejam válidos para um número abrangente de casos.

As equações podem ser utilizadas na organização para o processo de geração de orçamentos, facilitando a inclusão de variáveis e gerando preços mais realistas. Por ser um modelo de fácil modificação e manutenção, seria possível a continuação desse trabalho aplicando-o efetivamente no dia-a-dia da organização, podendo-se vislumbrar formas de deixá-lo ainda mais próximo da realidade, aprofundando a análise de forma a desenvolver um sistema de gestão.

Espera-se que os resultados obtidos possam contribuir com a organização, bem como com futuras análises acerca da aplicação do método TDABC no setor de serviços.

REFERÊNCIAS

- ABU, M. Y.; ZAINI, M. B. A. N. S. A review on time-driven activity-based costing system in various sectors. **Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology**, Universiti Malaysia Pahang, n. 2, p. 15-22, 2019.
- ANDRADE, C. H. G.; BEHR, A. **Aplicação do método de custeio baseado em atividades e tempo em laboratório de análises clínicas**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Contábeis) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. **Produção**, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.
- BRIMSON, J. A. **Contabilidade por atividades**: uma abordagem de custeio baseado em atividades. São Paulo: Atlas, 1996.
- BRUNSTEIN, L.; COSTA, R. P. Proposta de modelagem do fluxo econômico em sistemas de operações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1, 2011, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2011.
- CARBONARI, F. **Proposta de modelo de custeio por atividades para a logística de uma empresa de comércio eletrônico**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- CHANG, C. S.; ZHUANG, Y. Z. Deciding product mix based on time-driven activity-based costing by mixed integer programming. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 28, p. 959–974, 2017.
- COLPO, I.; MEDEIROS, F. S. B.; WEISE, A. D. Aplicação do método time-driven ABC em uma empresa de prestação de serviços contábeis. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3, 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: IESP, 2015.
- COSTA, R. P. **Activity-Based Costing - ABC**. São Paulo: USP/Poli, 2019. (Apostila).
- COSTA, R. P.; FERREIRA, H. A. S.; SARAIVA JUNIOR, A. F. S. **Preços, orçamentos e custos industriais**: fundamentos da gestão de custos e de preços industriais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- COSTA, R. P.; NÉLO, A. M.; ARAUJO, J. A. R. Custos, preços e rentabilidade de produtos. **Revista do Conselho Regional de Contabilidade do Paraná**, n.50, p.10-15, 2004.
- DAROIT, N. B. *et al.* Custeio Baseado em Atividade e Tempo (TDABC) em um departamento de radiologia hospitalar no sul do Brasil. **Jornal Brasileiro de Economia da Saúde**, v. 10, n. 3, p. 302-7, 2018.
- EVERAERT, P. *et al.* **From ABC to time-driven ABC (TDABC)**: an institutional case. [S.l.]: Accounting Education, 2008.

FILIPPINI, R. Operations Management Research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 17, n. 7, p. 655-670, 1997.

GRANOF, M. H.; PLATT, D. E.; VAYSMAN, I. **Using Activity-Based Costing to Manage More Effectively**. Austin: University of Texas at Austin, 2000.

HWANG, M. **Proposta de custeio baseado em atividades aplicado a instituições públicas de ensino superior**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

HEIN, N.; CARDOSO, N. J. Utilização em laboratórios de análises clínicas do custeio baseado em atividade e tempo (TDABC). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 15, 2008, Curitiba. **Anais [...]**. São Leopoldo: Associação Brasileira de Custos, 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Apresentação Institucional do IPT**. São Paulo: IPT, 2019a. (Acesso restrito).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Laboratório de Embalagem e Acondicionamento**. São Paulo: IPT, 2019b. Disponível em: http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTMNE/laboratorios_e_sessoes/18-laboratorio_de_embalagem_e_acondicionamento_lea_.htm. Acesso em: 14 jun. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Normas de Embalagem e Acondicionamento**. São Paulo: IPT, 2019c. Disponível em: http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CINTEQ/publicacoes/7-normas_ipt%E2%80%933nea_.htm. Acesso em: 04 out. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Sobre o IPT**. São Paulo: IPT, 2019d. Disponível em: <https://www.ipt.br/institucional>. Acesso em: 14 jun. 2019.

INTERNATIONAL SAFE TRANSIT ASSOCIATION. **Laboratory Certification Procedure**. East Lansing: ISTA, 2019. Disponível em: <https://ista.org/docs/LabCertificationandForms.pdf>. Acesso em: 04 out. 2019.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. **Custeio baseado em atividades e tempo**: O caminho prático e eficaz para aumentar a lucratividade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

KAPLAN, R. S.; ANDERSON, S. R. Time-driven activity-based costing. **Harvard Business Review**, v. 82, n. 11, p. 131-138, 2004.

KAPLAN, R. S.; COOPER, R. **Custo e desempenho**: administre seus custos para ser mais competitivo. São Paulo: Futura, 2000.

KAPLAN, R. S.; COOPER, R. How cost accounting distorts product costs. **Management Accounting**, v. 69, n. 10, p. 20-27, 1988.

KAPLAN, R. S.; COOPER, R. **The design of cost management systems**: text and cases. 2. ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1999.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MAUAD, L. G. A.; PAMPLONA, E. O. O Custeio Abc Em Empresas de Serviços: Características Observadas Na Implantação Em Uma Empresa do Setor. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*, 9, 2002, São Paulo. **Anais [...]**. São Leopoldo: Associação Brasileira de Custos, 2002.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, jan./abr. 2007.

MIGUEL, P. A. C. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

NAGLE, T. T.; HOGAN, J. E. **Estratégia e táticas de preço**: um guia para crescer com lucratividade. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2007.

NAKAGAWA, M. ABC: Custeio baseado em atividades. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

PICHLER, E. F. **Embalagem para distribuição física e exportação**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2006.

SANTANA, A.; AFONSO, P. Analysis of studies on Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC). **The International Journal of Management Science and Information Technology**, Toronto, n. 15, p. 133-157, 2015.

SARAIVA JUNIOR, A. F. **Decisão de mix de produtos sob a ótica do custeio baseado em atividades e tempo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SLACK, N.; LEWIS, M.; BATES, H. The two worlds of operations management research and practice - can they meet, should they meet? **International Journal of Operations and Production Management**, v. 24, n. 4, p. 372-387, 2004.

SOUZA, A. A. *et al.* Aplicação do time-driven ABC em uma empresa varejista. **ABCustos**, São Leopoldo, v. 7, n. 2, p. 26-52, maio/ago. 2012.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa ação**. São Paulo: Atlas, 1997.

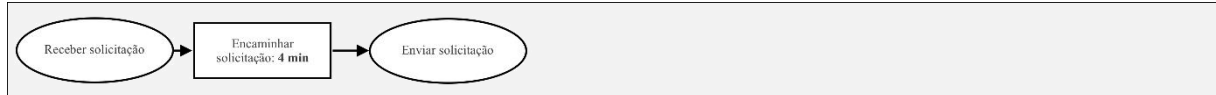
WERNKE, R. *et al.* Aplicação do TDABC (Time-Driven activity-based costing) em laboratório de próteses dentárias: um estudo de caso. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**. v. 7, n. 2, p. 130-147, mar. 2016a.

WERNKE, R. *et al.* TDABC (Time-Driven Activity-based Costing) aplicado em uma pequena empresa de costura industrial. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 28-44, set./dez. 2016b.

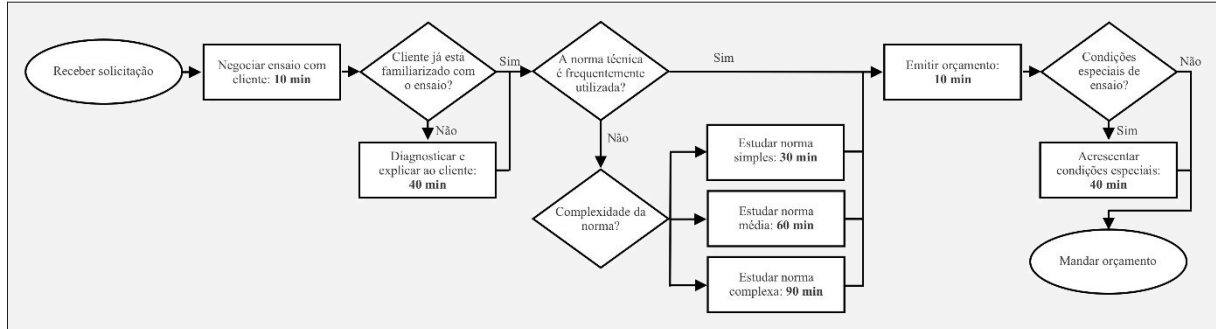
APÊNDICES

Apêndice A - Mapa do fluxo do processo (1)

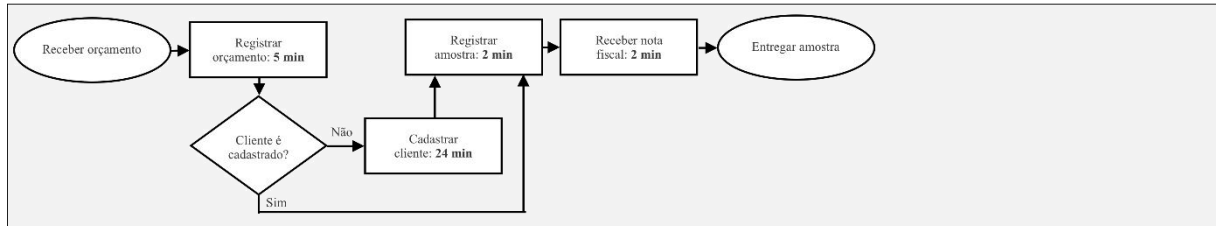
Administrativo - Receber Solicitação (RS)



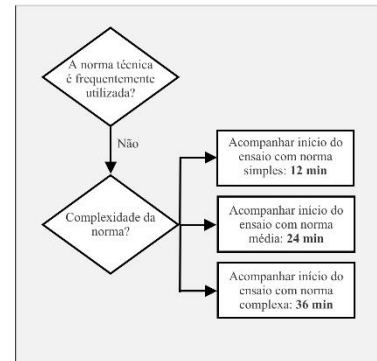
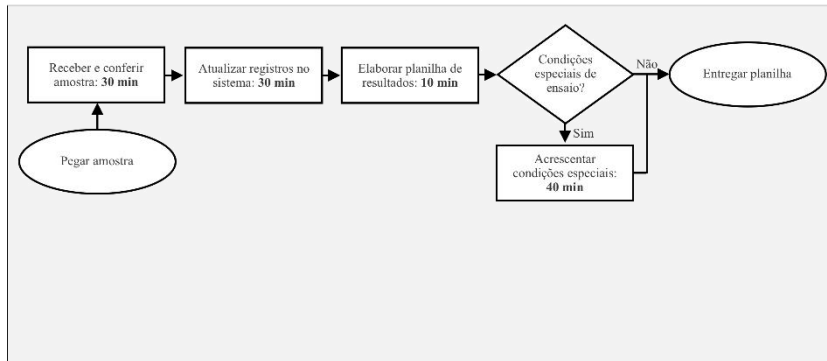
Pesquisador - Atender Cliente (AC)



Administrativo - Registrar Processo (RP)

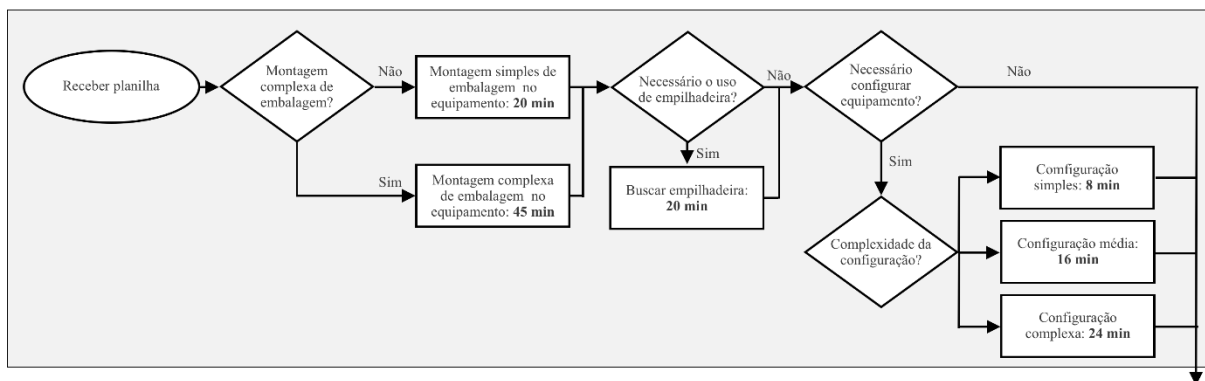


Pesquisa - Encaminhar Ensaio (EE)

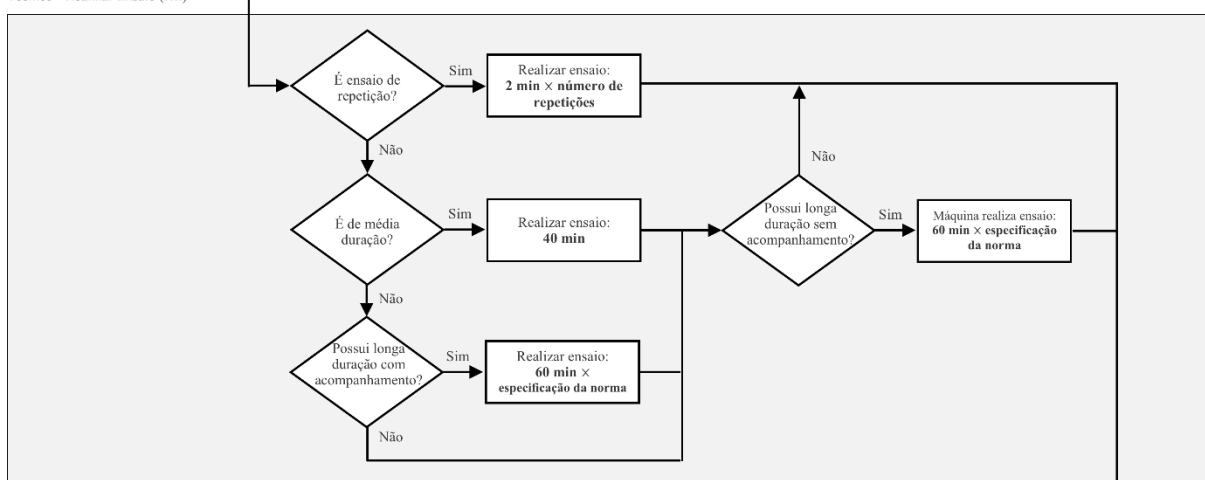


Apêndice B - Mapa do fluxo do processo (2)

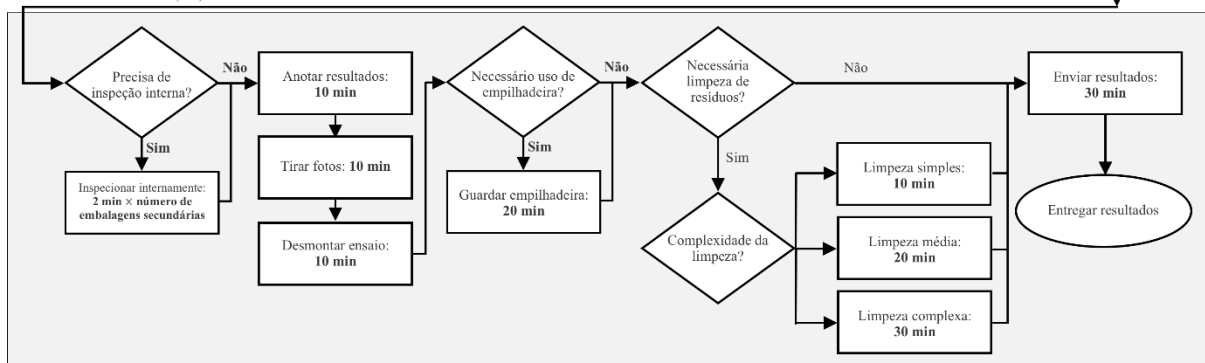
Técnico - Preparar Ensaio (PE)



Técnico - Realizar Ensaio (RE)

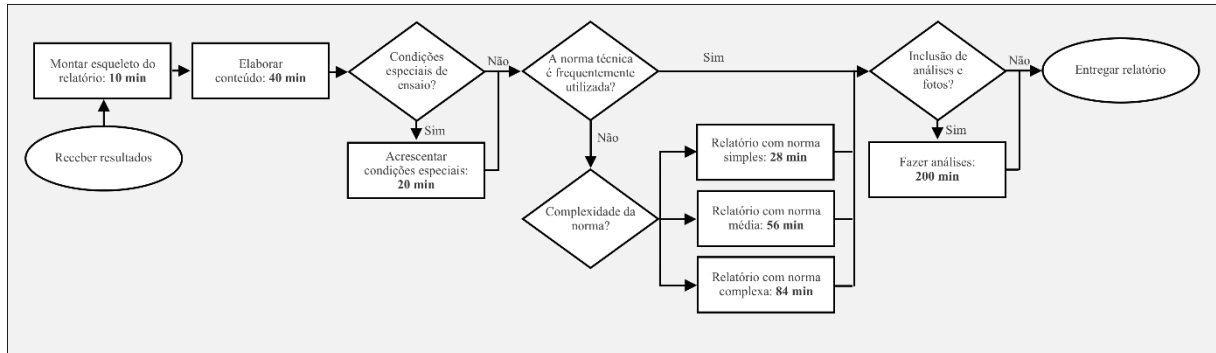


Técnico - Desmontar Ensaio (DE)

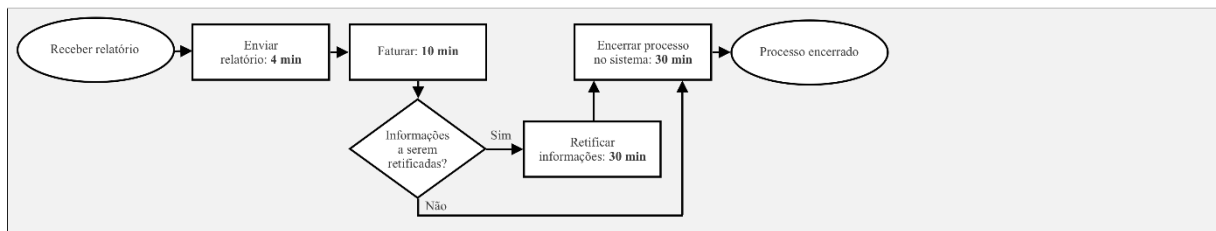


Apêndice C - Mapa do fluxo do processo (3)

Pesquisa - Elaborar Relatório (ER)



Administrativo - Encerrar Processo (EP)



Apêndice D - Atribuição de valores às variáveis

Pedido	Tipo do Ensaio	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
23	Compressão de Big Bag	0	1	1	1	3	0	0	1	6	2	0	0	0	1	0
24	Tração de Big Bag	0	0	0	1	3	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0
25	Queda	0	1	1	0	0	12	0	0	0	1	12	1	0	0	0
27	Queda	0	1	1	0	0	9	0	0	0	1	9	1	0	0	0
29	Queda	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
29	Condicionamento Climático	0	0	0	0	2	0	0	0	22	0	0	1	0	0	0
29	Vibração	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
30	Ensaio em Sacos de Lixo	0	0	1	0	0	224	0	0	0	2	0	0	0	0	1
31	Queda	0	0	1	1	0	10	0	0	0	0	0	1	0	1	0
31	Vibração	0	0	1	1	2	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0
32	Compressão de Big Bag	0	0	1	1	3	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0
32	Tração de Big Bag	0	0	0	1	3	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0
32	Caracterização	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Queda	0	0	1	0	0	30	0	0	0	0	0	1	0	0	0
33	Inspeção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	1	0
33	Vibração	0	0	1	1	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
34	Vibração	1	0	1	1	2	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0
38	Queda	1	0	1	0	0	24	0	0	0	0	0	1	0	0	0
38	Condicionamento Climático	1	0	0	0	2	0	0	0	576	0	0	1	0	0	0
38	Vibração	1	0	1	1	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
42	Queda	1	0	1	1	0	16	0	0	0	0	0	1	0	0	0
42	Condicionamento Climático	1	0	0	0	2	0	0	0	144	0	0	1	0	0	0
42	Vibração	1	0	1	1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
43	Vibração	1	0	1	1	2	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0
45	Ensaio em Sacos de Lixo	0	0	1	0	0	112	0	0	0	2	0	0	0	0	1
46	Caracterização	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
46	Tração de Big Bag	1	0	0	1	3	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0
48	Tração de Big Bag	0	0	0	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
48	Compressão de Big Bag	0	0	1	1	3	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0
49	Caracterização	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
49	Compressão de Big Bag	0	1	1	1	3	0	0	1	6	2	0	0	0	1	0
50	Caracterização	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
50	Tração de Big Bag	0	0	0	1	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
52	Ensaio em Sacos de Lixo	1	0	1	0	0	112	0	0	0	2	0	0	0	0	1
53	Caracterização	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
53	Flexão em Estrutura Porta-Paleta	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
54	Empilhamento	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
56	Caracterização	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0

56	Tração de Big Bag	0	1	0	1	3	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
57	Caracterização	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
57	Tração de Big Bag	0	1	0	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
57	Compressão de Big Bag	0	1	1	1	3	0	0	1	6	0	0	0	0	1	0
58	Tração de Big Bag	0	0	0	1	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0
58	Compressão de Big Bag	0	0	1	1	3	0	0	2	12	2	0	0	0	0	0
59	Condicionamento Climático	1	0	0	0	2	0	0	0	24	0	0	1	0	0	0

Apêndice E – Tempos totais dos processos

Pedido	Tipo do Ensaio	RS (min.)	AC (min.)	RP (min.)	EE (min.)	PE (min.)	RE1 (min.)	RE2 (min.)	DE (min.)	ER (min.)	EP (min.)
23	Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	100	70	48
24	Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	100	50	18
25	Queda	4	50	9	82	45	24	0	94	78	48
27	Queda	4	50	9	82	45	18	0	88	78	48
29	Queda	4	50	9	82	45	12	0	60	78	18
29	Condicionamento Climático	4	20	9	70	36	0	1320	60	50	18
29	Vibração	4	50	9	82	61	0	120	60	78	18
30	Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	9	70	45	448	0	80	250	18
31	Queda	4	90	9	122	65	20	40	80	98	18
31	Vibração	4	90	9	122	81	0	160	80	98	18
32	Compressão de Big Bag	4	20	9	70	89	60	400	80	50	18
32	Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	100	50	18
32	Caracterização	4	20	9	70	20	40	0	60	50	18
33	Queda	4	50	9	82	45	60	0	60	78	18
33	Inspeção	4	60	9	110	20	0	0	80	70	18
33	Vibração	4	50	9	82	81	0	160	80	78	18
34	Vibração	4	50	33	82	81	0	280	80	78	18
38	Queda	4	50	33	82	45	48	0	60	78	18
38	Condicionamento Climático	4	20	33	70	36	0	34560	60	50	18
38	Vibração	4	50	33	82	81	0	160	80	78	18
42	Queda	4	50	33	82	65	32	40	80	78	18
42	Condicionamento Climático	4	20	33	70	36	0	8640	60	50	18
42	Vibração	4	50	33	82	81	0	100	80	78	18
43	Vibração	4	50	33	82	81	0	400	80	78	18
45	Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	9	70	45	224	0	80	250	18
46	Caracterização	4	60	33	70	20	40	0	60	50	18
46	Tração de Big Bag	4	60	33	70	64	40	100	100	50	18
48	Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	80	50	18
48	Compressão de Big Bag	4	20	9	70	89	60	400	80	50	18
49	Caracterização	4	60	9	110	20	40	0	60	70	48
49	Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	100	70	48
50	Caracterização	4	20	9	70	20	40	0	60	50	18
50	Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	80	160	80	50	18
52	Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	33	70	45	224	0	80	250	18
53	Caracterização	4	20	9	70	20	40	0	60	50	18
53	Flexão em Estrutura Porta-Paleta	4	20	9	70	53	60	60	60	250	18
54	Empilhamento	4	50	33	82	45	0	0	60	78	18
56	Caracterização	4	60	9	70	20	40	0	60	50	48

56	Tração de Big Bag	4	60	9	70	64	40	100	80	50	48
57	Caracterização	4	60	9	110	20	40	0	60	70	48
57	Tração de Big Bag	4	60	9	110	64	40	100	80	70	48
57	Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	80	70	48
58	Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	80	160	80	50	18
58	Compressão de Big Bag	4	20	9	70	89	120	760	100	50	18
59	Condicionamento Climático	4	20	33	70	36	0	1440	60	50	18

Apêndice F - Custos calculados dos ensaios

Taxa (R\$/min.) =>	1,56	7,31	1,56	7,31	4,26	4,26	1,00	4,26	7,31	1,56	
Tipo do Ensaio	RS (min.)	AC (min.)	RP (min.)	EE (min.)	PE (min.)	RE1 (min.)	RE2 (min.)	DE (min.)	ER (min.)	EP (min.)	Custo (R\$)
Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	100	70	48	3.312,03
Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	100	50	18	2.040,98
Queda	4	50	9	82	45	24	0	94	78	48	2.325,00
Queda	4	50	9	82	45	18	0	88	78	48	2.273,93
Queda	4	50	9	82	45	12	0	60	78	18	2.082,38
Condicionamento Climático	4	20	9	70	36	0	1320	60	50	18	2.806,35
Vibração	4	50	9	82	61	0	120	60	78	18	2.219,88
Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	9	70	45	448	0	80	250	18	4.973,74
Queda	4	90	9	122	65	20	40	80	98	18	3.058,25
Vibração	4	90	9	122	81	0	160	80	98	18	3.161,72
Compressão de Big Bag	4	20	9	70	89	60	400	80	50	18	2.448,59
Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	100	50	18	2.040,98
Caracterização	4	20	9	70	20	40	0	60	50	18	1.583,12
Queda	4	50	9	82	45	60	0	60	78	18	2.286,64
Inspeção	4	60	9	110	20	0	0	80	70	18	2.229,47
Vibração	4	50	9	82	81	0	160	80	78	18	2.430,26
Vibração	4	50	33	82	81	0	280	80	78	18	2.588,25
Queda	4	50	33	82	45	48	0	60	78	18	2.273,07
Condicionamento Climático	4	20	33	70	36	0	34560	60	50	18	36.218,84
Vibração	4	50	33	82	81	0	160	80	78	18	2.467,76
Queda	4	50	33	82	65	32	40	80	78	18	2.415,36
Condicionamento Climático	4	20	33	70	36	0	8640	60	50	18	10.193,58
Vibração	4	50	33	82	81	0	100	80	78	18	2.407,52
Vibração	4	50	33	82	81	0	400	80	78	18	2.708,74
Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	9	70	45	224	0	80	250	18	4.020,52
Caracterização	4	60	33	70	20	40	0	60	50	18	1.913,21
Tração de Big Bag	4	60	33	70	64	40	100	100	50	18	2.371,07
Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	40	100	80	50	18	1.955,88
Compressão de Big Bag	4	20	9	70	89	60	400	80	50	18	2.448,59
Caracterização	4	60	9	110	20	40	0	60	70	48	2.361,45
Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	100	70	48	3.312,03
Caracterização	4	20	9	70	20	40	0	60	50	18	1.583,12
Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	80	160	80	50	18	2.186,34
Ensaio em Sacos de Lixo	4	20	33	70	45	224	0	80	250	18	4.058,02
Caracterização	4	20	9	70	20	40	0	60	50	18	1.583,12
Flexão em Estrutura Porta-Paleta	4	20	9	70	53	60	60	60	250	18	3.331,81
Empilhamento	4	50	33	82	45	0	0	60	78	18	2.068,81
Caracterização	4	60	9	70	20	40	0	60	50	48	1.922,58
Tração de Big Bag	4	60	9	70	64	40	100	80	50	48	2.295,33

Caracterização	4	60	9	110	20	40	0	60	70	48	2.361,45
Tração de Big Bag	4	60	9	110	64	40	100	80	70	48	2.734,21
Compressão de Big Bag	4	60	9	110	89	60	400	80	70	48	3.226,92
Tração de Big Bag	4	20	9	70	64	80	160	80	50	18	2.186,34
Compressão de Big Bag	4	20	9	70	89	120	760	100	50	18	3.150,48
Condicionamento Climático	4	20	33	70	36	0	1440	60	50	18	2.964,34