

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS -
CAMPUS BETIM
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Gabriel Henrique Oliveira Ferreira

**A IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES VIRTUAIS NO DESENVOLVIMENTO
DO PROJETO AUTOMOTIVO**

Betim

2022

GABRIEL HENRIQUE OLIVEIRA FERREIRA

**A IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES VIRTUAIS NO
DESENVOLVIMENTO DO PROJETO AUTOMOTIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica do
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus
Betim para obtenção do grau de bacharelado em
Engenharia Mecânica

Orientadora: Jaqueline das Graças Moura Oliveira
Coorientador: Felipe Augusto Rocha da Silva

Betim
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

F383i Ferreira, Gabriel Henrique Oliveira

A importância das análises virtuais no desenvolvimento do projeto automotivo / Gabriel Henrique Oliveira Ferreira. – 2022.

43 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2022.

Orientação: profa. Ma. Jaqueline das Graças Moura Oliveira.

Coorientação: prof. Me Felipe Augusto Rocha da Silva

1. Análise virtual. 2. Software. 3. Assertividade. 4.

Custo. I. Gabriel Henrique Oliveira Ferreira. II. Título.

CDU: 629.33

Gabriel Henrique Oliveira Ferreira

A IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES VIRTUAIS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO AUTOMOTIVO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Bacharelado em Engenharia Mecânica do
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus
Betim para obtenção do grau de bacharelado em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 12 / 12 / 2022 pela banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Jaqueline Das Gracas Moura Oliveira, Professora**, em 14/12/2022, às 17:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Amara Fuccio de Fraga e Silva, Professora**, em 15/12/2022, às 18:31, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Augusto Rocha da Silva, Professor Visitante**, em 15/12/2022, às 18:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1407313** e o código CRC **A688C35B**.

AGRADECIMENTOS

Em especial queria agradecer a Deus, por ter colocado pessoas que me incentivaram a trilhar esse caminho e que me deram todo o suporte necessário, a minha querida mãe (Maria Sônia Oliveira Silva) e minha irmã (Isabela Cristina Oliveira), pelo incentivo e força, que não me deixaram desistir diante as adversidades, a minha esposa (Natália Diniz Lima), pela cumplicidade, suporte e compreensão sem os quais não seria possível a finalização de mais essa etapa em minha vida.

E principalmente a Professora Jaqueline das Graças Moura Oliveira e ao professor Felipe Augusto Rocha da Silva, pelas orientações no desenvolvimento do trabalho e pelo apoio nas complexas decisões a respeito da pesquisa.

RESUMO

Todo meio corporativo tem, em sua grande maioria, a premissa de produzir o executar, produtos no menor espaço de tempo possível, com a maior qualidade ao menor custo. Atingido esse objetivo, sua margem de lucro será maior, por consequência. Em toda instituição que tem como um dos pontos de vista a lucratividade, estes conceitos norteiam sua cadeia produtiva, uma das profissões que pode auxiliar nesse desenvolver é a engenharia. No meio da indústria automotiva encontra-se situação semelhante, onde a engenharia sempre busca solucionar problemas de produção e projeto ao menor custo possível. Para otimizar e auxiliar os engenheiros/projetistas em seu trabalho, no processo de desenvolvimento, surgiram tecnologias que antecipam possíveis problemas ou até mesmo extinguem erros, diminuindo seus custos com manutenção e retrabalhos. Com o advento dos microcomputadores surgiram também os softwares como: Ug-Nx, Catia, AutoCad. Essas ferramentas virtuais auxiliam, os profissionais envolvidos no projeto, com o modelamento virtual, dessa forma eles conseguem averiguar os acoplamentos, movimentações e simulações virtuais dos componentes, eliminando interferências. Após corrigidos no software é dado o aval para fabricação do componente desenvolvido, ou seja, farão peças mais assertivas, tanto no âmbito de montagem quanto no que tange à segurança veicular, dessa forma, gasta-se menos tempo e recursos nas etapas de desenvolvimento do projeto. No presente trabalho analisou-se um estudo de caso, no qual serão utilizados softwares para investigação e aprovação de componentes, busca-se demonstrar que as análises virtuais trouxeram benefícios como redução de custo e de tempo através de simulações que podem ser feitas no sistema virtual, antecipando erros antes que se gaste recursos com a produção de ferramental.

Palavras-chave: Análise virtual. Software. Assertividade. Custo.

ABSTRACT

Every corporate environment has, for the most part, the premise of producing or executing products in the shortest amount of time possible, with the highest quality at the lowest cost. Once this goal is reached, your profit margin will consequently be higher. In every institution that has profitability as one of its vision points, these concepts guide its production chain, and one of the professions that can help in this development is engineering. A similar situation can be found in the automotive industry, where engineering always seeks to solve production and design problems at the lowest possible cost. To optimize and assist engineers / designers in their work, in the development process, technologies have emerged that anticipate possible problems or even eliminate errors, reducing their costs with maintenance and rework. With the advent of microcomputers, softwares such as Ug-Nx, Catia, AutoCad. These virtual tools help the professionals involved in the project with virtual modeling, so they can check the couplings, movements, and virtual simulations of the components, eliminating interferences in the virtual. After correction, the software is given the go-ahead for manufacturing the developed component, that is, they will make more assertive parts, both in the field of assembly and with regard to vehicular safety, thus spending less time and resources in the stages of project development. In this paper a case study was analyzed, where software was widely used for correction and approval of components, we seek to demonstrate that virtual analysis brought benefits such as cost and time reduction through simulations that can be done in the virtual system, anticipating errors before spending resources on the production of tooling.

Keywords: Virtual analysis. Software. Assertiveness. Cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Óbitos/100 mil hab. – Mundo	19
Figura 2 - Motivos de Óbitos/100 mil. – Mundo	19
Figura 3 - Evolução de óbitos no Brasil (2001 a 2012)	20
Figura 4 - Óbitos por estado – Brasil	21
Figura 5 - Requisitos laterais FMVSS 214	22
Figura 6 - Requisitos frontais conforme NBR 15300	23
Figura 7 - Modelo MADYMO manequim EuroSID-2	27
Figura 8 - Acelerômetro posicionado	30
Figura 9 - Barreira de colisão	31
Figura 10 - Modelo em elementos finitos para análise de colisão lateral	32

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Composição de nota Latin NCAP.....	24
Tabela 2: Instrumento de manequim	28
Tabela 3: Valores dos Sensores	29
Tabela 4: Custo operacional – Primeiro teste físico	34
Tabela 5: Custo operacional físico – Segundo teste físico	35
Tabela 6: Custo total físico	35
Tabela 7: Custo virtual – Primeiro ensaio virtual	36
Tabela 8: Custo operacional virtual – Segundo a quinto ensaio virtual	36
Tabela 9: Custo total virtual	37
Tabela 10: Custo total dos ensaios – Físico e Virtual	37
Tabela 11: Tempo (Físico e Virtual)	38
Tabela 12: Custo – Somente ensaio físico	38
Tabela 13: Duração total dos ensaios – Físicos	39
Tabela 14: Custo - (Somente físico) x (Físico e Virtual)	39
Tabela 15: Tempo - (Somente físico) x (Físico e Virtual)	40

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RV - Realidade Virtual

ONU - Organização Mundial das Nações Unidas

OMS - Órgão Mundial da Saúde

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

NCAP - Programa de Avaliação de Carros Novos para a América Latina e Caribe

ECE - Economic Commission for Europe

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Justificativa.....	9
1.2 Objetivo geral.....	10
1.2.1 Objetivos específicos.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Gestão.....	10
2.1.1 Gestão de Projetos	11
2.1.2 Vantagens Gestão.....	12
2.2 Conhecimento da estrutura.....	13
2.2.1 Execução focada na entrega.....	14
2.3 Análise virtual em projetos automotivos	14
2.4 Panorama da segurança das rodovias do mundo	18
2.4.1 Panorama da segurança das rodovias no Brasil	20
2.5 Legislação de segurança	21
2.5.1 Legislação brasileira	22
2.5.2 NCAP Latim	24
3 METODOLOGIA	24
3.1 Manequim físico.....	26
3.1.1 Instrumentação do Manequim	27
3.1.3 Veículo utilizado.....	29
3.1.4 Instrumentação do veículo	30
3.1.5 Barreira de colisão	30
3.1.6 Tempo de preparação - Físico.....	31
3.2 Software de simulação	31
3.2.1 Hora de engenheiro projetista	32
3.2.2 Horas de simulação	32
3.2.3 Tempo de preparação – Virtual	33
4 RESULTADO	33
4.1 Resultados com a presença de análise virtual	33
4.1.1 Resultados dos testes físicos	34
4.1.2 Resultados dos testes virtuais.....	35
4.1.3 Tempo de duração - físico e virtual.....	37

4.2 Resultados somente com a presença da análise física.....	38
4.2.1 Resultados somente do método experimental	38
4.2.3 Tempo de duração - físico	39
4.3 Comparação entre os métodos com e sem análise virtual.....	39
5 CONCLUSÃO	40
5.1 Trabalhos futuros	41
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Na indústria automobilística, o sucesso está ligado com a velocidade dos processos, da linha de montagem, do desenvolvimento dos produtos e, principalmente, da qualidade total dos produtos e serviços oferecidos. Estes fatores estão diretamente ligados ao planejamento, gerenciamento e controle das atividades, além de serem considerados requisitos básicos para as organizações manterem-se em um mercado tão competitivo, melhorando a qualidade e reduzindo os custos na cadeia de fornecimento.

A gestão de projetos tem como objetivo definir conhecimentos, habilidades e recursos necessários para a sua concretização. Para tanto, acrescenta-se nessa equação, questões relacionadas aos custos envolvidos, tecnologias disponíveis no mercado e o tempo de duração do projeto. Em vários segmentos do mercado esses objetivos são buscados para atender sua demanda, no mercado automotivo, que é o tema do trabalho em questão, não seria diferente, onde a necessidade de aumento de eficiência de projeto é muito importante.

De acordo com as necessidades atuais das empresas, busca-se compreender os avanços tecnológicos, para auxiliarem na busca pelo aperfeiçoamento constante do desenvolvimento do produto e da redução de custos, no decorrer das etapas do projeto.

Com a evolução dos microcomputadores surgiram também os softwares como: Ugnx, Catia, AutoCad, ferramentas cada vez mais acessíveis e necessárias no desenvolvimento de um projeto automotivo.

Esses softwares são capazes de averiguar os acoplamentos (onde se verifica a montagem com os componentes que fazem interface com a peça em análise), movimentações (podendo simular as movimentações do eixo de suspensão ou o movimento do motor, por exemplo, para verificar se em algum desses movimentos há alguma colisão com os componentes periféricos) e simulações (existem vários tipos de simulação, dentre eles, a simulação de segurança veicular, ou seja, teste de colisão, simulando a colisão do veículo para averiguar como ele possivelmente irá se comportar e se o mesmo irá atingir normas exigidas), de forma a reduzir os custos desse processo de desenvolvimento.

Com essa evolução pode-se verificar, com mais riquezas de detalhes, pontos que muitas vezes passavam despercebidos ou seriam perceptíveis após a colisão de um automóvel. Com o aumento de acidentes automotivos, as normas de segurança veicular se tornaram cada vez mais rigorosas. Os óbitos ocorridos na malha viária no mundo é cada vez maior, deixando números alarmantes, sendo o acidente de carro a nona maior causa de

mortes no mundo, e, se nada for feito, essa posição pode aumentar para sétima.

Conforme Retrato da Segurança Viária do Brasil (2014, p. 7):

Buscando reduzir esse número a Organização das Nações Unidas (ONU) criou a Década da Ação pela Segurança no Trânsito (2011/2020). Desde então, relevantes iniciativas vêm sendo desenvolvidas por diversas nações com o objetivo de reduzir em 50% o número de óbitos devido a acidentes de trânsito e salvar 5 milhões de vidas.

Com o aumento no rigor das normas de segurança, os critérios de exigência das montadoras aumentam, por consequência. Dessa forma, montadoras fazem teste de colisão para validação dos seus componentes, a fim de amenizar e dissipar a energia sofrida por um carro em uma possível colisão, isso reduzirá o impacto aos ocupantes do veículo. O presente trabalho apresenta um estudo de caso sobre a aplicação de simulação virtual para análise de colisão lateral de um veículo (impacto lateral), para avaliar os impactos da análise virtual no desenvolvimento de um projeto e, para isso utilizou-se o estudo de caso em que, o foco era validar qual o melhor revestimento interno da porta para absorver a energia inserida através do impacto sofrido.

Serão utilizados dados obtidos da literatura para mensurar o custo de validação de um determinado componente além de se discutir sobre os impactos da análise virtual nesse processo de desenvolvimento do veículo.

1.1 Justificativa

Para aprovação dos componentes é necessária a realização de testes físicos destrutivos, ou seja, a adição de novos carros para realizar outros testes é necessária. Com a análise virtual, pode-se focar na realização de impactos destrutivos apenas para o direcionamento das simulações computacionais e, por fim, para se conferir, em um último teste, se os resultados disponibilizados pela análise virtual são coerentes com o resultado físico. Com isso há a redução dos testes destrutivos por parte da montadora diminuindo, portanto, seus custos. Mesmo com essa tendência de redução de custo, é, também necessário, estimar os gastos referentes à sua implementação, como aquisição de computadores, licença de softwares, horas de testes virtuais e tempo de trabalho de um profissional especializado. O presente trabalho justifica-se, portanto, devido a essa necessidade de se quantificar uma

estimativa do impacto da análise virtual nos projetos automotivos.

1.2 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos da análise virtual para o desenvolvimento de projetos automobilísticos.

1.2.1 Objetivos específicos

Para se chegar ao objetivo geral tem-se os seguintes objetivos específicos.

- Conhecer as etapas físicas e virtuais utilizadas em um processo de aprovação de um determinado componente;
- Mensurar o DAMY's (bonecos), utilizados para simular os ocupantes durante uma possível colisão e seus sensores;
- Buscar conhecer o valor de mercado do carro utilizado no teste físico e o valor do sensor utilizado no mesmo;
- Tempo gasto utilizado para preparação do teste físico;
- Conhecer o software utilizado para simulação e seu custo;
- Custo operacional de engenheiro e projetista para preparar a simulação virtual;
- Tempo gasto na simulação e preparo no teste virtual;
- Comparação dos dois métodos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fim de subsidiar esta pesquisa passa-se a discorrer sobre a teoria já encontrada, neste capítulo serão utilizados os conceitos e estudadas as obras já existentes a fim de atingir os objetivos específicos listados.

2.1 Gestão

A gestão é uma área da ciência que se dedica à administração, em sua maioria de empresas/projetos ou outras instituições buscando fazer com que elas alcancem seus objetivos de forma efetiva e no menor espaço de tempo utilizando o mínimo de recursos necessários. Todo o ser humano realizou em grandes ou pequenas escalas gestão, seja de tempo na hora executar alguma tarefa, recursos quando tiver que organizar as finanças pessoais ou de um determinado local.

Conforme visto em Marcondes (2019, p. 53):

Gestão é o processo de se conseguir obter resultados (bens ou serviços) com a participação de outras pessoas. Pressupõem a existência de uma organização, isto é, várias pessoas que desenvolvem uma atividade em conjunto para melhor atingirem objetivos comuns. Refere-se ao processo de fixar objetivos e metas, e de determinar e orientar o caminho a ser seguido para seu atingimento, envolve decisões, comunicação, liderança e avaliações. De forma simplificada, a tarefa da gestão é interpretar os objetivos propostos e transformá-los em ações através do planejamento, organização, direção e controle, a fim de atingir esses mesmos objetivos.

A definição de gestão está ligada diretamente à administração dos recursos disponíveis na organização que a definiu, onde ambos têm a finalidade de distribuir, esses recursos, da melhor forma que atenda todos os setores envolvendo toda a empresa. Esses recursos podem ser divididos de várias formas, materiais, financeiros, humanos, tecnológicos ou de informação, para que, dessa maneira, o gestor consiga fazer com que a empresa alcance os seus objetivos de curto, médio e longo prazo.

Ainda conforme Marcondes (2019, p. 19), a gestão tem como quatro pilares: planejamento, organização, liderança e controle. É através desses pilares que o gestor busca aperfeiçoar os processos adotados pela empresa, utilizando para isso, de um esforço permanente de aprendizado de busca e de inovação.

De maneira semelhante, Mações (2014, p. 31) define gestão “o processo de coordenar as atividades dos membros de uma organização, através do planejamento, organização, direção e controle dos recursos organizacionais, com o intuito de atingir, de forma eficaz e eficiente, os objetivos estabelecidos.”

O gerenciamento tem como finalidade “a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender seus requisitos” (RALPH KEELING; BRANCO, 2017, p. 16).

A gestão pode ser dividida em diversas áreas, de acordo com suas funções e especializações, porém, o foco do estudo é voltado para a gestão de projetos com os olhos voltados para as finanças, uma vez que a análise será direcionada a um estudo de caso referente ao desenvolvimento de projeto específico.

2.1.1 Gestão de Projetos

Uma gestão executada corretamente traz muitos benefícios para a instituição que lhe aderiu, independente do segmento dela, sendo ela em trabalho de filantropia sem fins lucrativos, ou até mesmo uma empresa que tem como uma de suas premissas a lucratividade.

Em ambos os casos, uma boa gestão tentará otimizar seus recursos ao mesmo tempo, buscando entregar seus projetos corretos e com qualidade. Fazendo essa boa gestão, mostra-se por consequência, resultados mais expressivos positivamente, ou seja, uma empresa mais eficiente, aos olhos dos clientes quando no quesito qualidade e, mais sólida quando se fala de lucratividade, colocando-a em um patamar superior de competitividade frente aos concorrentes. Todo projeto tem três grandes etapas: início, meio e fim; de tal maneira que sua fase final somente é atingida quando alcança o objetivo concebido pelo idealizador do projeto quando atinge as expectativas do cliente final.

Dessa forma é possível otimizar vários recursos financeiros e tempo além de identificar se o resultado foi atingido.

Segundo o guia PMBOK (2017, p. 74) “Gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos.”

Os projetos são uma maneira chave de criar valor e benefícios nas organizações. No ambiente de negócios atual, os líderes organizacionais precisam ser capazes de gerenciar orçamentos cada vez mais apertados, prazos mais curtos, recursos mais escassos e uma tecnologia que muda rapidamente. O ambiente de negócios é dinâmico, com um ritmo acelerado de mudança. Para se manterem competitivas na economia mundial, as empresas estão adotando o gerenciamento de projetos para entregar valor de negócio de forma consistente. (Guia PMBOK, 2017, p. 10)

Tratando-se da indústria automotiva, e olhando toda a complexidade do seu processo de produção desde a concepção do carro, projeção, manufatura, qualidade e produto, e o número de pessoas e recursos envolvidos em cada uma dessas etapas, fica evidente a importância da aplicação de uma boa gestão de projetos.

2.1.2 Vantagens Gestão

Uma boa gestão de projetos é vital para o sucesso de qualquer empreendimento, mesmo as melhores ideias podem fracassar caso não haja um gerenciamento de projeto realizado de maneira minuciosa e articulada. Para que isso não ocorra, é necessário que se implemente uma metodologia de gestão que embarque todos os setores da empresa, possibilitando manutenção e fluidez em todos os níveis operacionais.

O gestor de projetos tem conhecimentos necessários para otimizar os seus recursos, tirando o proveito máximo de cada um deles. Essa otimização dos recursos, que se converte em uma maior produtividade, é essencial em épocas de crise ou quando se tem poucos

recursos já na concepção do projeto. Se tratando de projeto automotivo isso é indispensável, onde se visa qualidade e lucro. Este ponto é tratado no trabalho em questão, o custo para aprovação dos componentes, ou seja, o carro projetado terá um custo financeiro, que posteriormente deve ser pago com a venda dos produtos produzidos em série.

O projeto é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade. (REEVE, 1999, p. 7).

2.2 Conhecimento da estrutura

Para se ter sucesso em uma gestão, é necessário por parte do gestor responsável, independente da área na qual ele venha atuar, a capacidade de averiguar se há recursos como matéria-prima, financeiro e pessoal, suficientes para atender as necessidades que tal projeto possa exigir. Uma vez que a capacidade dos recursos é limitada, é preciso ter cuidado e, principalmente, ser assertivo no momento de escolher qual projeto fazer e qual será a sequência de entrega deles. Para essa tomada de decisão o gestor deve ter conhecimento geral do comportamento da sua equipe (se ela irá conseguir atender os prazos por ele ou pelo cliente, exigidos). Se essa decisão por parte do gestor for errônea, impactará em dois aspectos: por falta de recursos, onde o gestor calcula mal os recursos disponíveis, dessa forma pode ocorrer a parada do projeto no meio do processo de desenvolvimento, prejudicando a entrega prevista; ou o gestor pode errar pelo excesso, que após ter executado o projeto e entregue no prazo previsto, ocorra excedentes de material provocando prejuízo à empresa, que poderia ser evitado.

Segundo Marques (2017, p. 96):

A governança é um método de gerenciamento usado para desenvolver, comunicar, implementar e monitorar políticas, procedimentos, práticas e outros atos usados para executar um projeto.

Adotar uma estrutura e procedimentos eficazes de governança de projeto ajudarão garantir o alinhamento do projeto, o monitoramento e o controle de ameaças e oportunidades, a tomada de decisões e que os entregáveis estejam focados no projeto conforme planejado.

Deve-se tomar muito cuidado ao se decidir iniciar ou não um novo projeto, para isso se faz necessária a verificação de recurso operacional que consiga gerenciar e executar mais um projeto, considerando se haverá algum impacto nos projetos que já estão em execução.

Na adaptação do gerenciamento de projetos, o gerente de projetos também deve considerar os diversos níveis de governança que podem ser necessários e nos quais o projeto irá operar, e considerar a cultura da organização. Além disso, considerar se o cliente do projeto é interno ou externo à organização poderá afetar as decisões de adaptação de gerenciamento de projetos. (Guia PMBOK, 2017, p. 28)

Além de uma boa ferramenta de gestão e um bom gestor, há, também, a necessidade de indicadores que podem, de alguma maneira, auxiliar no desenvolvimento do processo. O acompanhamento não permitirá que haja redução na qualidade do trabalho e excesso de trabalho sobre um dos colaboradores, dividindo de forma igualitária as tarefas. Isso evitará possíveis erros e redução de retrabalhos, diminuindo os gastos com horas de desenvolvimento e evitando, assim, o aumento do stress no ambiente de trabalho.

Hussain, RRigoni, & Oriij (2018) falam que a forma como as firmas são governadas e quão efetivos são os mecanismos de governança internos e externos determinam a sobrevivência e o comportamento social delas. Suas boas práticas reduzem as incertezas e os riscos, alinhando interesses.

O estudo de caso em questão, aponta exatamente o auxílio de ferramentas/softwarewares para o controle e desenvolvimento do projeto possibilitando um veículo automotivo mais assertivo, seguro e menos oneroso durante o seu processo de desenvolvimento.

2.2.1 Execução focada na entrega

É esperado ter que lidar com projetos de diferentes graus de importância ao mesmo tempo no portfólio, mas não se pode confundir importância com prioridade. O objetivo de uma gestão de portfólio efetiva é entregar todos os projetos de sua carteira pontualmente, e não somente aqueles considerados importantes. Então, este critério de prioridade deve ser adotado por todos e funcionar realmente como o único direcionador de qual tarefa executar.

2.3 Análise virtual em projetos automotivos

A tecnologia dos microcomputadores com seus respectivos softwares, estão cada vez mais inseridos na sociedade, mudando a forma de se relacionar, estudar e trabalhar. No setor da engenharia automotiva esse impacto já se tornou evidente, mais precisamente nas análises virtuais, na área de projetos, visando maior qualidade, menor custo e assim produzir peças e até mesmo o automóveis completos com os quesitos necessários, que garantam seu funcionamento com maior qualidade e segurança.

Segundo Terreo (2007, p. 33)

Os trabalhos de Ullman; Wood e Craig (1990), Suwa e Tversky (1997) e Cross (1999) descrevem como os desenhos técnicos representam uma linguagem de projetos, o modo como expressam o pensamento dos projetistas e registram a intenção do projeto de forma a permitir a comunicação para outros projetistas ou técnicos que conheçam esta linguagem.

Deste modo, a construção de protótipos virtuais faz parte dessa linguagem, na área de desenvolvimento e aprovação de componentes automotivos.

Rosenfeld (2006, p. 39)

Diz que, sistemas CAD E CAE proporcionam as mais variadas possibilidades, que têm crescido muito nos últimos anos. O sistema pode analisar tanto análises térmicas quanto o time de desenvolvimento manipular parâmetros como, por exemplo, dimensões. Apesar destas propriedades as maiores vantagens vêm com a integração com os sistemas CAE que possibilitam análise de comportamento, junto com outros componentes que podem representar interfaces no projeto.

Assim se faz necessário compreender qual protótipo é ideal para determinado projeto, como visto em Terreo (2007 p. 56) “os protótipos podem ser classificados em termos do objetivo para o qual são construídos, ou pelo tipo de questões sobre o desenho do produto que se espera responder.”

Neste mercado competitivo e em constante evolução percebe-se que as análises virtuais estão cada vez mais sendo escolhidas como ferramenta imprescindível, conforme Valdambri e Sord (2006, p. 3)

A utilização da realidade virtual (RV) aplicada ao desenvolvimento de protótipos virtuais apresenta-se como uma das mais eficazes ferramentas ao desenvolvimento de produtos, possibilitando melhora significativa ao longo de todo o processo. O custo de implantação da tecnologia de RV permaneceu proibitivo por muitos anos, apesar da tecnologia existir há mais de duas décadas. O avanço tecnológico e o crescimento da indústria de tecnologia da informação fizeram com que a RV deixasse de ser viável apenas às grandes empresas e instituições de pesquisa. Atualmente é possível encontrar software e hardware de baixo custo para o desenvolvimento de aplicações baseadas nesta tecnologia, que permite simular situações reais, podendo levar o usuário à sensação de estar em outro lugar.

Desse modo é possível compreender que, com os largos avanços tecnológicos os tipos de Análises Virtuais se tornam de grande relevância. No mercado há diversos softwares, sendo dois principais utilizados na área em interesse como: Software Vismockup, esse software tem apenas a finalidade de visualização, não existindo nenhuma possibilidade de modificação/modelamento; Software UG-NX: pode ser utilizado para fazer análises, mas também para modelamentos de componentes, possíveis propostas corretivas, análises de homologação e análise de distância do solo.

Segundo Nunes (2017, p. 27) “a missão de garantir a qualidade de software é complexa, devido a problemas como diferentes requisitos de qualidade, não-linearidade dos modelos, distribuição estatística de falhas e necessidade por uma revisão de projeto, que interfere nos prazos.

Ainda Nunes (2017, p. 44)

A qualidade está diretamente relacionada com a entrega de funcionalidades com elevado grau de integridade, atendendo aos requisitos e especificações realizados no início do projeto. As tecnologias desenvolvidas para automatizar a verificação da qualidade e testes podem melhorar o desempenho, mas não eliminam por completo a possibilidade de falha. Sob o ponto de vista da estratégia e gestão, recomenda-se que o responsável pelo projeto de qualidade escolha as ferramentas, elabore um plano de teste e projete uma solução que resulte no melhor balanço entre requisitos, ambiente de desenvolvimento, prazo e custo.

Assim pode-se compreender o quanto é importante que a análise virtual tenha um objetivo previsto, para possibilitar que seja desenvolvido o software, e até mesmo hardware, relevante e importante nas análises virtuais, visando economia e maior qualidade nos testes.

Conforme Nunes (2017, p. 16)

O gerenciamento das demandas de melhoria com um balanço de custo competitivo é dependente de métodos de desenvolvimento e ferramentas que simplifiquem e reduzam o tempo de projeto, ao passo que trabalhos manuais e sujeitos a erro humano sejam minimizados (automação), e o processo de concepção das inovações tenham um fluxo otimizado.

Portanto, a gestão de projetos e análises virtuais estão interligados, ou seja, é de suma importância para se obter projetos competitivos no mercado e, um dos investimentos possíveis é na virtualização das análises, uma vez que seu custo pode ser menor se for realizada com foco em cada projeto.

Assim, cada projeto deve ser tratado com um olhar único visando aumentar a confiabilidade do software para aquele determinado projeto, dessa forma é importante fazer a modelagem matemática para cotação de preços, assim como desenvolver a prototipagem virtual para teste físico.

Para Madeira (2008, p. 68)

A RV vem sendo aplicada de várias formas, como projeto de produtos e máquinas, estudos de ergonomia, avaliação de processos de produção, entre outros. A avaliação com o uso de mark-ups virtuais é mais rápida e o seu custo é menor. Entretanto, sua aplicação é limitada à disponibilidade dos recursos necessários e, principalmente, ao tipo de análise a ser efetuada. Um mark-up virtual somente está disponível na tela de um computador ou em um ambiente específico, como uma caverna virtual.

Porém apesar da limitação evidenciada por Madeira, a tecnologia vem se desenvolvendo

de maneira cada vez mais acelerada, possibilitando que a prototipagem virtual seja utilizada com mais frequência pelas grandes montadoras, reduzindo custos.

A prototipagem virtual está se desenvolvendo e se tornando cada vez mais acessível às empresas no desenvolvimento de seus produtos. Com isso os gastos com a fabricação de protótipos podem ser reduzidos, porém o uso de protótipos físicos dificilmente será eliminado”, sugere o engenheiro Leonardo Macarrão. (MADEIRA, 2008, p. 63)

Desta forma pode-se perceber que os engenheiros vêm intensificando cada vez mais os estudos e tudo indica que as análises virtuais vêm ganhando espaço cada vez maior dentro dos projetos automotivos.

Diante disso Rodrigues, (2017, p. 13) ainda desenvolve seu estudo trazendo informações sobre os impactos e a importância das análises durante o desenvolvimento do projeto do automóvel, e a relevância em se informar aos consumidores tanto sobre a legislação, quanto as análises que são feitas visando a segurança das pessoas ocupantes dos automóveis.

Os veículos comercializados em determinados mercados são avaliados de duas maneiras: através de requisitos legislativos mínimos solicitados por cada Governo e através dos programas de avaliação que classificam os veículos através de normativas mais rigorosas que a legislação vigente em cada mercado e informam aos consumidores a respeito dos resultados encontrados em cada modelo testado. (RODRIGUES, 2017, p. 13)

Rodrigues (2017, p. 21) ainda discorre sobre todo o processo de legislação e análises virtuais, incluindo as metodologias experimental e numérica, focados nas portas dianteiras do automóvel.

Metodologia Experimental, consiste no impacto de veículos de diferentes segmentos e massas em ordem de marcha, com o objetivo de identificar padrões de comportamento e analisar os resultados estruturais e biomecânicos de veículos de diferentes montadoras e conceitos de projeto. (RODRIGUES, 2017, p. 41)

Já a metodologia numérica, ainda segundo o autor, tem o objetivo de organizar e definir bem as atividades a serem realizadas durante a preparação da simulação virtual. Essa fase de desenvolvimento do trabalho será dividida nas seguintes etapas: construção do modelo de simulação lateral; análise da influência da velocidade de intrusão da estrutura do veículo, análise dos diferentes perfis de painel de portas e avaliação da aplicação de absorvedores de energia. (RODRIGUES, 2017, p. 59)

Além de explicitar sobre o objetivo da metodologia numérica, Rodrigues (2017 p. 52) ainda discorre sobre a construção do modelo de simulação lateral. A primeira fase do estudo

numérico tem o objetivo de encontrar a velocidade de intrusão da estrutura que será utilizada nas etapas subsequentes e a segunda fase tem o objetivo de verificar a influência de diferentes perfis de painéis de portas e seus efeitos nos resultados biomecânicos no ocupante após o impacto lateral.

2.4 Panorama da segurança das rodovias do mundo

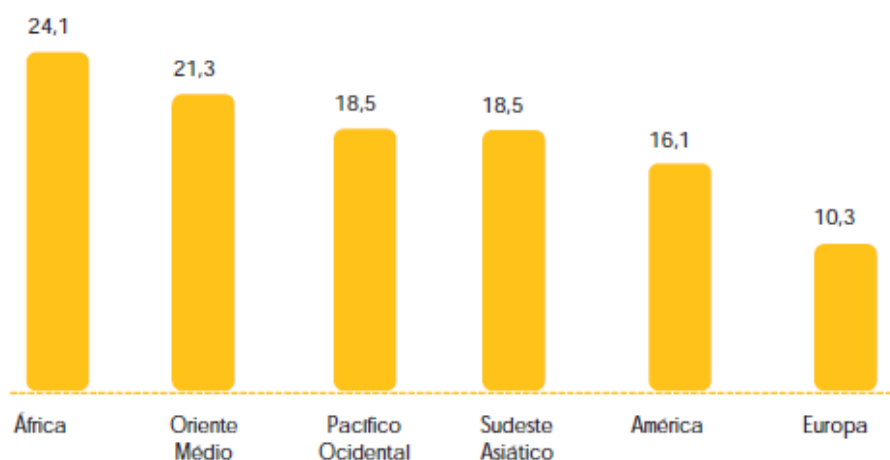
Durante o processo de evolução de uma sociedade, houve grande acréscimo de inovações que impulsionaram o crescimento e, uma das mais belas e importantes invenções foi a criação dos automóveis. Mas como toda evolução tem seus benefícios como fácil locomoção em um curto espaço de tempo, há também seus malefícios como poluição e elevados números de acidentes, que muitas vezes levam a óbito seus ocupantes.

Ainda é importante dizer que em Retrato da Segurança Viária no Brasil (2014, p. 30), afirma-se que;

Há grandes disparidades nas taxas de mortalidade viária entre as regiões do planeta. O risco de morte é maior na África, (24,1/100 mil habitantes) e menor na Europa (10,3/ 100 mil hab.). Nas Américas, o indicador médio é de 16,1 óbitos por 100 mil habitantes, muito abaixo do registrado no Brasil.

Em 2014 a instituição Falconi em parceria com a Ambev e Observatório Nacional de segurança viária, fizeram alguns estudos que mostram números alarmantes, indicando que o maior motivo de mortes era provocado por acidentes de trânsito ficando na nona posição, com ótica mundial com 1,3 milhão de pessoas morrendo nas vias, uma média de 3400 pessoas por dia. Os números tabelados se tornam mais nítidos, conforme a figura 1, esses números de mortos a cada cem mil habitantes, em cada continente.

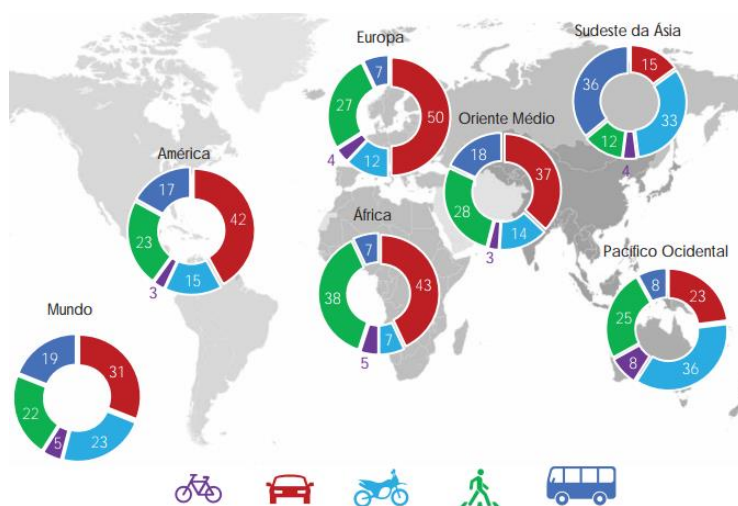
Figura 1: Óbitos/100mil hab. - Mundo



Fonte: Retrato da Segurança Viária no Brasil, 2014.

Há também outros meios de locomoção, sendo eles: bicicleta, carro, moto a pé e ônibus. Olhando de forma separada, conforme mostrado na figura 2, a morte dos ocupantes dos automóveis é maior quando comparado com outros meios de locomoção.

Figura 2: Motivos de Óbitos/100mil. - Mundo



Fonte: Organização Mundial da Saúde, 2013

Ainda é importante dizer que em Retrato da segurança viária no Brasil (2014, p. 34) afirma-se que;

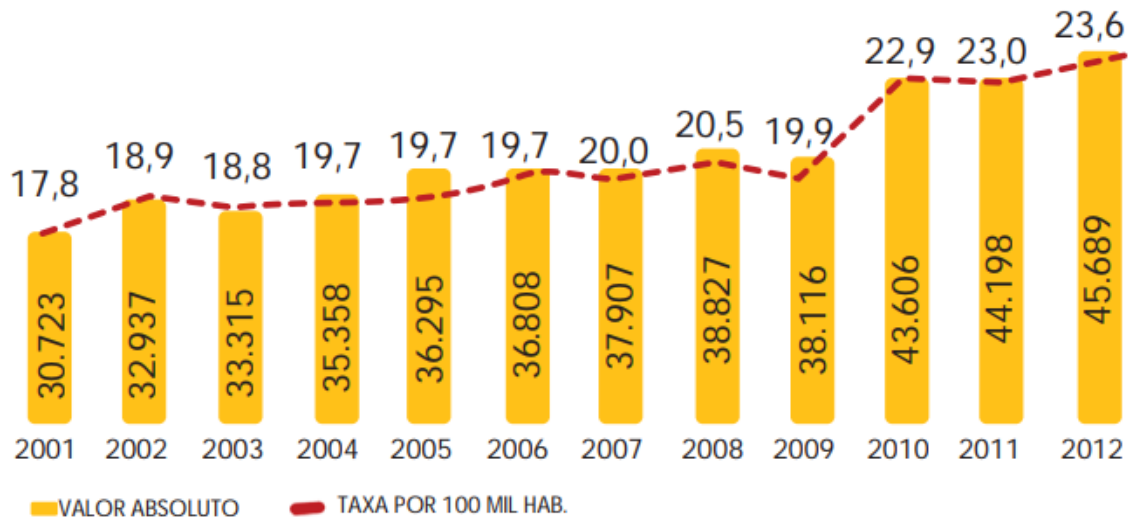
De acordo com a OMS, outro padrão observado é que, para cada morte causada por acidentes de trânsito, de 20 a 50 pessoas ficam feridas, porém os dados sobre lesões são em geral imprecisos por serem mal documentados no Brasil.

2.4.1 Panorama da segurança das rodovias no Brasil

O Brasil é o maior país da América Latina em extensão territorial, e por consequência, o maior país com maior malha viária. Toda essa expansão da malha viária do Brasil, vem acompanhada de números indigestos, relacionados ao enorme número de acidentes automotivos. Com o passar dos anos, com o aumento da população e, por consequência, o aumento de carros, os acidentes se tornaram cada vez mais recorrentes.

Um estudo realizado por Falconi em parceria com a Ambev e Observatório Nacional de segurança viária, indica que o Brasil é o país com o maior número de acidentes de trânsito do mundo. O número de mortos começou a aumentar desde 2001 representando, em 2012, 48,7% o que é explicitado na figura 3 e, nesse intervalo de tempo o número de óbitos nesse período é de 453.779.

Figura 3: Evolução de óbitos no Brasil (2001 a 2012)



Fonte: DATASUS e IBGE, 2012

As regiões mais populosas no Brasil, são por consequência as maiores em números relacionados a acidentes automotivos, muitas vezes letais.

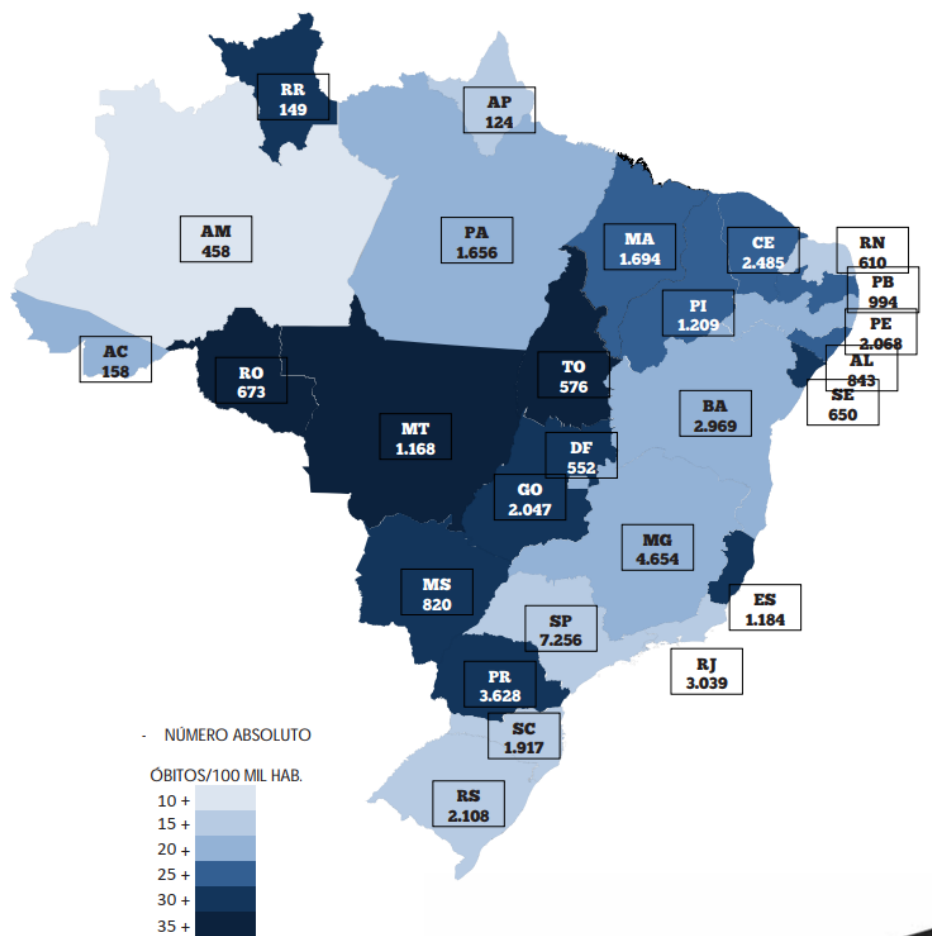
Conforme o Retrato da Segurança Viária no Brasil (2014, p. 42);

Região mais populosa do país, o Sudeste lidera o ranking de óbitos no trânsito, com 16.133 vítimas fatais. Na sequência, aparecem Nordeste (13.522), Sul (7.653), Centro-

Oeste (5.587) e Norte (3.794). O ranking de óbitos acompanha, portanto, o de população. O mesmo acontece com os Estados. Com 7.256 óbitos, São Paulo encabeça a lista, seguido de Minas Gerais, com 4.654, e do Paraná, com 3.628. No outro extremo estão Acre, Roraima e Amapá, com 158, 149 e 124 mortes, respectivamente.

Essa citação é explicada na figura 4, que mostra claramente os estados que concentram o maior número de óbitos.

Figura 4: Óbitos por estado - Brasil



Fontes: Data sus e IBGE, 2012

2.5 Legislação de segurança

Com o passar dos anos houve um aumento da frota automotiva de forma expressiva, e junto dela vieram também os aumentos do número de mortes provocadas por acidentes com automotores. Por esse motivo se fez necessário a criação de normas voltadas para a segurança veicular, de forma a exigir o mínimo de segurança possível para os ocupantes e pedestres.

Nas normas há a explicação de como se deve executar os ensaios de testes de colisão e quais serão os limites mínimos que devem ser atendidos para garantir o mínimo de segurança do veículo a se avaliar. Esses requisitos exigidos pela norma, sendo eles atendidos pela montadora, dá permissão para serem fabricados e comercializados naquela região, ou seja, é seguro o suficiente para sua população.

As análises são divididas em duas partes: a legislação vigente do país de segurança e os protocolos NCAP's.

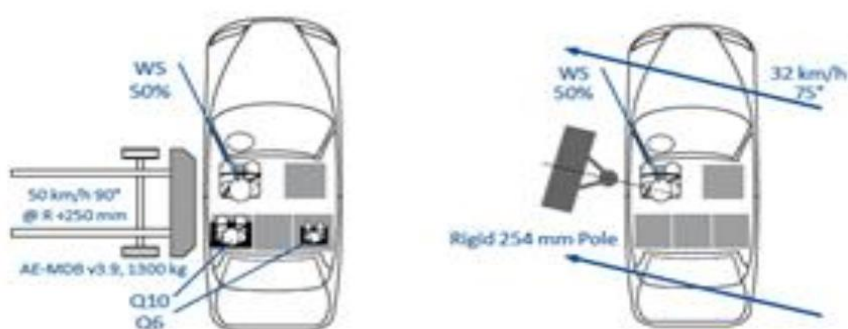
Os reais critérios a serem atingidos são os da legislação vigente conhecidas como ECE's onde tem a função de demonstrar o cenário atual, exigida pela legislação em cada região. Já NCAP's analisa o cenário dos protocolos que avaliam a performance em segurança dos automóveis em cada mercado com rigor e requisitos mais exigentes que a legislação local.

Conforme informado por Rodrigues (2017, p. 25);

A análise legislativa engloba os principais países de diferentes continentes, sendo eles: Estados Unidos, Japão, Brasil e países europeus que seguem as normas da UNECE. A pesquisa de protocolos NCAP considera Europa (Euro NCAP), Estados Unidos (US NCAP e IIHS), América Latina (Latin NCAP) e Japão (JNCAP).

Os impactos exigidos podem ser divididos também em frontais, laterais e traseiros. Esse trabalho tem como foco o ensaio realizado lateralmente, ou seja, impacto lateral, colisão lateral entre dois carros ou em uma barreira de forma lateral.

Figura 5: Requisitos laterais FMVSS 214



Fonte: CARHS – Safety Companion, 2016.

2.5.1 Legislação brasileira

O ensaio lateral, analisado neste trabalho, não é uma exigência do Governo Federal,

dessa forma não se faz necessário ensaio lateral para se comercializar no mercado brasileiro, mas os nossos país vizinhos como Chile e Equador, exige que para que os carros sejam comercializados em seus países devem acompanhar a norma europeia ECE-95.

Conforme informado por Rodrigues (2017, p. 29);

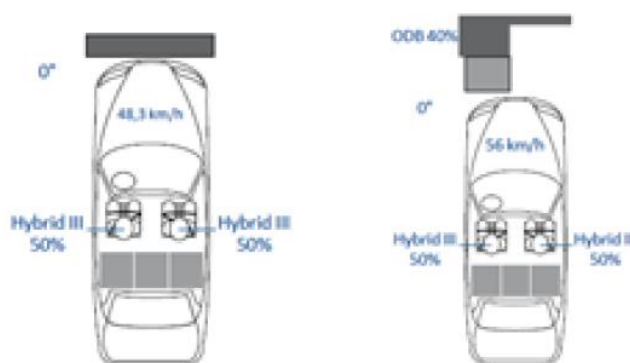
Na Argentina (2018) e México (2019) o impacto lateral possui previsão para início de aplicação. As discussões com o Governo Federal brasileiro já foram iniciadas e até mesmo uma NBR (16204) foi criada com os requisitos para impacto lateral.

Cabe ao CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito definir as normativas que devem ser adotadas. Os ensaios que envolvem segurança veicular estão descritos nas NBRs 15300-1, 15300-2, 15300-3, que são relacionadas apenas a impactos frontais. Dessa forma o governo brasileiro exige apenas o ensaio frontal para que o carro seja homologado e posteriormente comercializado no Brasil.

Conforme a norma ABNT NBR 15300-2, ao impacto de 100% do frontal em uma barreira plana impactando a 48,3 km/h com ocupantes dianteiros, sendo os ocupantes dianteiros com o peso equivalente a 50% na curva de peso da população mundial.

No mesmo tocante a norma ABNT NBR 15300-3 diz: ao ensaio frontal impacto de 40% do frontal em barreira deformável a 56 km/h com ocupantes dianteiros com peso equivalente a 50% da curva de peso da população mundial, conforme ECE 94.

Figura 6: Requisitos frontais



Fonte: CARHS – Safety Companion, 2016.

2.5.2 NCAP Latim

Para o mercado Brasil, o NCAP utilizado é o Latim-NCAP, ele tem a finalidade de avaliar os mercados da América Latina e Caribe.

Conforme o Latim-NCAP (2010, p. 28);

A classificação dos veículos é dividida em duas especialidades: proteção ao ocupante adulto e proteção ao ocupante infantil. O Programa surgiu em 2010 apenas com o ensaio de impacto em 40% do frontal do veículo a 64 km/h para avaliação da proteção adulto e criança.

Com a evolução dos itens de segurança, a Latim-NCAP também evoluiu, se tornando mais exigente, isso aconteceu no ano de 2013 onde o protocolo teve uma adaptação inserido requisitos nos ensaios, que se fossem atingidos com excelência o veículo poderia ter aprovação máxima, recebendo 5 estrelas em sua avaliação. Os requisitos inseridos foram: alarme de utilização dos cintos de segurança (SBR) para motorista e passageiro, ABS 4 canais de série no veículo mais básico e superar os requisitos exigidos pela norma europeia ECE 95 de impacto lateral. Com o passar dos anos teve novas modificações e novos componentes foram inseridos conforme mostrado na tabela 5.

Tabela 1: Composição de nota Latin NCAP.

Proteção ao ocupante adulto				
Distribuição de Estrellas	Pontuação necessária		Requisitos adicionais	
	Impacto frontal + Impacto lateral (máx. 16 + 16= 32 pts)	Aviso de cinto de segurança (máx. 2 pts)	Controle de Estabilidade GTR-8	Impacto poste EuroNCAP protocolo v.5.2
★★★★★	≥ 27	≥ 1.0	✓	✓
★★★★	≥ 22	≥ 1.0	✓	
★★★	≥ 16	≥ 0.5		
★★	≥ 10			
★	≥ 4			

Proteção ao ocupante infantil	
Distribuição de Estrellas	Pontuação necessária (máx. 49 pts)
★★★★★	≥ 27
★★★★	≥ 22
★★★	≥ 16
★★	≥ 10
★	≥ 4

Fonte: CARHS – Safety Companion, 2016.

3 METODOLOGIA

O estudo de caso analisado tem como finalidade a aprovação de um componente específico, o revestimento da porta anterior do motorista, com os olhos voltados para a

segurança veicular, ou seja, qual revestimento porta seria capaz de absorver mais energia em uma possível colisão lateral, deixando assim mais seguro para os ocupantes do veículo. Para encontrar os resultados desejados, foram utilizadas duas formas de análises: testes de colisões laterais de forma física e virtual.

O procedimento experimental consiste no impacto entre dois automóveis, com o objetivo de identificar padrões de comportamento e analisar os resultados estruturais e biomecânicos nos veículos. O trabalho terá como foco mostrar, se as análises virtuais auxiliaram no desenvolvimento do projeto de revestimento da porta e, se o auxílio teve um impacto positivo ou não, no orçamento da montadora. Para isso foram considerados dados quantitativos levantados no estudo de caso, onde é mostrado o que é levado em consideração para o processo de validação de um componente.

Como citado anteriormente, o processo de análise do projeto automotivo consiste em duas etapas: análise de colisão de forma física e virtual. O primeiro teste a ser realizado é o teste físico, pois é através dele que se alimenta os computadores e softwares para a simulação da análise virtual.

O processo de análise física, é a colisão entre dois automóveis dentro dos padrões estipulados pelas normas de segurança, mas antes da colisão é necessária sua preparação, para que o ensaio físico ocorra o mais próximo da realidade e, posteriormente, a possibilidade de coletar os dados adquiridos após o teste. Para efetuar a análise física, utiliza-se manequins que tenham as articulações iguais a de um ser humano sendo capazes de simular os ocupantes dos veículos, pois serão necessários instrumentá-los em alguns pontos das articulações, com sensores, para captar as forças encontradas durante o ensaio. A instrumentação do veículo que sofrerá o impacto também se faz necessário, para verificar a velocidade em que o carro se encontrava durante a colisão.

O processo de análise de colisão virtual consiste também em uma preparação prévia, feita através de projetistas que trabalham na malha do veículo através dos elementos finitos afim de corrigir erros encontrados na carroceria e distribuição das forças, esses erros e forças são extraídos anteriormente no ensaio físico.

No estudo de caso apresentado por Rodrigues foram realizados no total sete ensaios, sendo dois físicos e cinco virtuais. A sequência dos testes é muito importante para a obtenção dos resultados e economia do processo.

O primeiro teste a ser executado é o teste físico, onde é necessário a colisão real de um

carro para obtenção do comportamento da estrutura carroceria e o sentido das forças sofridas durante o impacto. Após compilados os resultados, preparou-se os computadores de forma a alimentar o software com os resultados e forças encontradas, dessa forma foi possível realizar de forma virtual as cinco simulações de colisão lateral, onde cada simulação foi realizado um revestimento da porta diferente, a fim de encontrar o revestimento ideal.

Encontrado o revestimento ideal que atendesse os requisitos da norma, é realizado um segundo teste físico com o mesmo revestimento de porta simulado e aprovado no virtual, esse segundo e último teste físico tem a finalidade de validar os valores e comportamentos encontrados no ensaio virtual, aprovando assim o componente.

Nesse presente trabalho utilizou-se o mesmo raciocínio do estudo de caso de Rodrigues, mas com os olhos direcionados ao valor monetário, ou seja, o gasto para a realização do processo citado acima.

3.1 Manequim físico

Para os testes físicos se fez necessária a utilização de manequins que representassem o corpo humano com suas respectivas articulações, isso deve ao fato que em determinados pontos do manequim, são colocados sensores com a finalidade captar os resultados produzidos pelos testes físicos. O manequim atende esses requisitos com mais eficiência é o Euro-SID 2 conforme figura 7, hoje ele é requisitado pela norma ECE-95 para colisões laterais. A adesão do manequim é através de importação com um custo por unidade de R\$ 470.000,00, ou seja, quanto maior o número manequins forem utilizados para o teste de colisão lateral, maior será o custo do projeto.

Conforme Rodrigues (2017, p.54), a demanda do mercado por modelos eficientes e com respostas precisas de manequins utilizados em ensaios de impacto entre veículos, foram desenvolvidos e disponibilizados no software MADYMO, os modelos elipsoides e modelos facet do manequim Euro SID 2 utilizado em impactos laterais.

Figura 7: Modelo MADYMO manequim EuroSID-2



Fonte: Manual do modelo MADYMO versão 7.6.

3.1.1 Instrumentação do Manequim

Os manequins Euro-SID 2, tem a finalidade de simular o corpo humano em uma possível colisão, por esse motivo sua utilização no teste físico. Esse modelo de manequim é utilizado pela norma ECE-95 por apresentar articulações similares a de um ser humano. Mas apenas o fato de introduzi-lo dentro do carro durante o ensaio não o faz suficiente, dessa forma se faz necessário a instrumentação de suas articulações para que se possa captar os movimentos sofridos por eles durante o ensaio, para posteriormente se possa compilar os resultados para serem analisados.

A tabela 2 mostra os pontos dos manequins que são instrumentalizados para a realização do ensaio físico, pois é através deles, os sensores introduzidos nos manequins, que se é capaz de obter resultados quantitativos.

Tabela 2: Instrumento de manequim

Localização	Parâmetro
Cabeça	Acelerações, Ax, Ay, Az
Tórax T1	Acelerações, Ax, Ay, Az
Tórax T2	Aceleração, Ay
Costelas	Aceleração, Ay
	Deflação, Drib
Abdômen	Força, Fy
Backplate	Forças, Fx, Fy
	Momentos, My, Mz
T12	Forças, Fx, Fz
	Momentos, Mx, My
Pélvis	Aceleração, Ax, Ay, Az
Sínfise púbica	Força, Fy

Fonte: Tabela adaptada Rafael Costa Rodrigues – Análise dinâmicas para desenvolvimento de conceito estruturais de painéis de porta em colisões laterais

Após catalogados todos os sensores que são necessários para a realização da análise física de colisão lateral, é possível levantar a quantidade e o custo de cada um deles, conforme mostrado na tabela 3, dessa forma é possível saber o real valor gasto para a instrumentalização dos manequins.

Tabela 3: Valores dos Sensores

Localização	Quant.	Sensor	Valor
Cabeça	1	Aceleração	US\$ 1.172,00
Tórax T1	1	Aceleração	US\$ 1.172,00
Tórax T2	1	Aceleração	US\$ 1.172,00
Costelas	1	Aceleração	US\$ 1.172,00
	1	Deflação	US\$ 1.108,00
Abdômen	1	Força	US\$ 1.085,00
Backplate	1	Força	US\$ 1.085,00
	1	Momento	US\$ 1.248,00
T12	1	Força	US\$ 1.085,00
	1	Momento	US\$ 1.248,00
Pélvis	1	Aceleração	US\$ 1.172,00
Sínfise pública	1	Força	US\$ 1.085,00
TOTAL			US\$ 13.804,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

O valor encontrado dos sensores está mensurado na moeda de dólar americano, o que torna o ensaio ainda mais oneroso para o projeto. Para transformá-lo na moeda brasileira, realizou-se a conversão considerando o valor de US\$ 1,00 equivalente a R\$ 5,25. Dessa forma o valor de US\$ 13.804,00 convertido para a moeda brasileira é de: R\$ 72.471,00.

3.1.3 Veículo utilizado

A análise de colisão dos veículos, tem como objetivo captar os padrões de comportamento das forças perante a estrutura veicular, para posteriormente analisá-los de forma estrutural e biomecânico. Devido ao fato de os carros utilizados serem de uma determinada montadora, com intuito de preservar seus produtos, o nome do modelo utilizado para o desenvolvimento da metodologia experimental será mantido em sigilo neste trabalho. Dessa forma considerou-se a categoria B-SUV, cujo valor atual de mercado é da ordem de R\$ 139 mil.

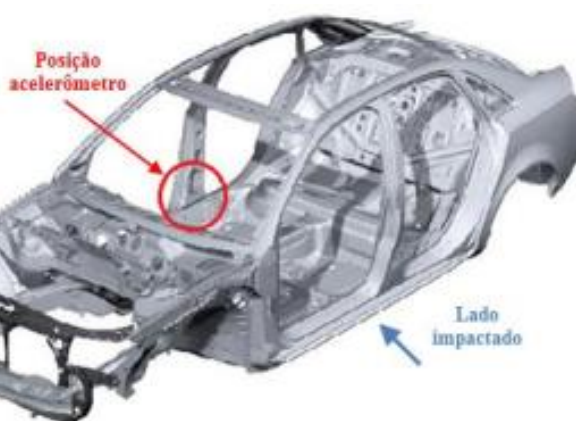
3.1.4 Instrumentação do veículo

Para realização do ensaio seguiu-se as restrições da norma ECE 95, a qual discute sobre o impacto lateral, que deve ser feita com uma barreira móvel deformável de 950 kg. A localização do impacto deve ser centralizada na coordenada em 'X' do ponto-R do banco com a velocidade de 50 km/h

Para saber qual o real impacto sobre o veículo é necessário a utilização de sensores, ou seja, instrumentá-lo para verificar se a velocidade de colisão durante o ensaio está conforme o solicitado pela norma. O valor estimado do sensor é de US\$ 1.172,00, ou seja, R\$ 6.153,00.

O valor encontrado estava na moeda dólar americano, onde se fez necessário conversão para o real, considerando o dólar no valor de R\$ 5,25.

Figura 8: Acelerômetro posicionado

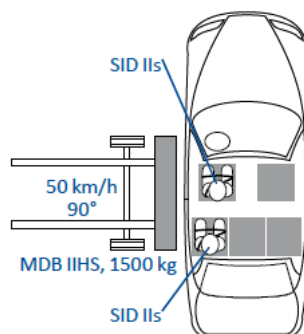


FONTE: Modificação da figura presente no CARHS – Safety Companion, 2016.

3.1.5 Barreira de colisão

Para o ensaio físico de impacto lateral utiliza-se uma estrutura de ferro com dois eixos, onde uma de suas extremidades encontra-se uma barreira rígida. Por se tratar de um componente feito dentro da própria montadora (exigindo os critérios normativos de peso), o valor calculado é estimado no custo do material utilizado para produzir (ferro, pneus e barreira). Estima-se um valor aproximado de R\$ 6.500,00 reais.

Figura 9: Barreira de colisão



Fonte: CARHS – Safety Companion, 2016.

3.1.6 Tempo de preparação - Físico

Todo ensaio por mais simples que seja é necessário um tempo de preparação para sua execução e, no teste físico não seria diferente. A preparação do veículo para cada teste físico a ser realizado é de aproximadamente 6 dias, essa preparação consiste na limpeza da pista onde será realizado a colisão, posicionamento dos manequins e instalação dos sensores nos manequins e no veículo.

3.2 Software de simulação

Segundo HUEBNER (1982, p.76) “em engenharia o método dos elementos finitos e análises não-lineares foi usado pela primeira vez em 1960 por Clough estudando sobre elasticidade plana”. A partir do trabalho de Clough, o método de elementos finitos foi usado extensivamente para análise de tensões lineares, deflexão e vibração em diversas áreas da engenharia, uma vez que na época a eficácia começava a ser comprovada.

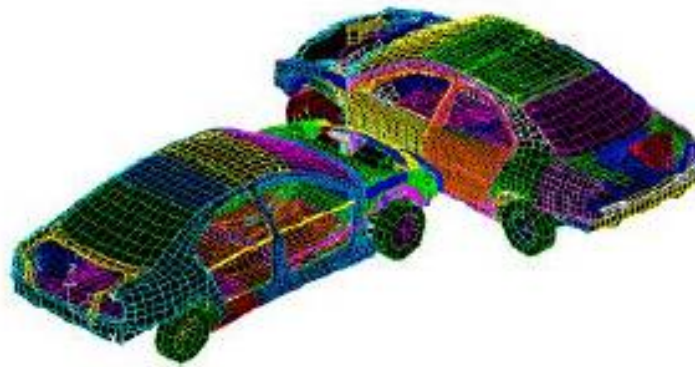
O software utilizado para análise é o LS-DYNA onde teve evolução o bastante nos últimos anos, com especialidade em análise estrutural de elementos finitos, que é um método que envolvam grandes não-linearidades, sejam elas geométricas, de contato, grandes deformações ou complexas relações constitutivas de materiais.

Para as simulações se faz necessário a aquisição do software, mas essa compra não é realizada apenas uma vez, trata-se de uma licença mensal que pode ou não ser paga integralmente. O custo da sua adesão mensal é de € 50 mil, podendo ter algumas variações referentes a restrições de alguns comandos.

O valor encontrado para o software está mensurado na moeda europeia, o euro, o que

torna o ensaio ainda mais oneroso para o projeto. Para transformá-lo na moeda brasileira, realizou-se a conversão considerando o valor de € 1,00 equivalente a R\$ 5,27. Dessa forma o valor de € 50 mil, convertido para a moeda brasileira é de: R\$ 263.500,00.

Figura 10: Modelo em elementos finitos para análise de colisão lateral



Fonte: CARHS – Safety Companion, 2016.

3.2.1 Hora de engenheiro projetista

Por se tratar de uma atividade que envolve segurança, se faz necessário profissionais experientes para reduzir ao máximo a probabilidade de erros. Por esse motivo se faz necessário de um projetista Sênior e um Engenheiro Mecânico para validar a atividade executada. O salário desses profissionais são:

Engenheiro Mecânico: R\$ 7.272,00

Projetista Sênior: R\$ 4.840,00

Dessa forma tem-se um custo de R\$ 12.112,00, com custos operacionais.

3.2.2 Horas de simulação

Após a configuração do software, feita pelos profissionais, são feitas as simulações no computador. Esse computador tem que apresentar as condições adequadas para suportar tais simulações, por esse motivo o custo desse microcomputador é acima de um computador convencional, sendo em média R\$ 30 mil.

A simulação tem a duração de 24 horas, como a licença é liberada de forma mensal, não há mais custo de licença a ser adicionado.

3.2.3 Tempo de preparação – Virtual

A simulação virtual pode levar um tempo maior considerando a preparação física, pelo fato de ter que trabalhar com toda a malha de elementos finitos do veículo que será analisado, a preparação tem a duração de três meses, incluindo o primeiro ensaio virtual que tem a duração de 24 horas. Para os demais testes virtuais, serão considerados cinco dias para preparação do novo modelo, com as devidas modificações, acrescidas de 24 horas para execução do teste virtual totalizando 6 para cada novo teste, totalizando 78 dias para o total de testes virtuais.

4 RESULTADO

O trabalho de Rodrigues, 2017, serviu de base para a definição do número de testes a serem realizados durante o desenvolvimento do componente estudado: painel de porta. Observou-se que o autor realizou sete teste para validação do componente e das propostas testadas. A divisão dos testes foi como a seguir:

- Um teste físico em sua configuração original, sendo esse teste utilizado para alimentar o modelo virtual;
- Após a correlação do modelo com teste físico realizado, foram avaliadas cinco propostas, ou seja, foram realizados cinco testes virtuais.
- Com a proposta definitiva, encontrada na análise virtual, um novo teste físico foi realizado para de certificar o resultado positivo obtido no virtual.

Partindo do mesmo princípio apresentado por Rodrigues, 2017, a quantidade de testes definidos pelo autor, será também aplicada no presente trabalho para comparar o desenvolvimento do mesmo componente, com e sem a presença de análise virtual. Para tal serão utilizadas também as informações de custo e tempo levantadas na seção metodologia. O decorrer dessa seção apresenta primeiramente o custo e o tempo para desenvolvimento do componente, painel de porta, considerando a presença de dois testes físicos e cinco virtuais, como no trabalho original. Esses resultados serão comparados com a mesma quantidade de testes, porém sem a ferramenta computacional (sete testes físicos).

4.1 Resultados com a presença de análise virtual

Nesta seção, serão demonstrados os testes necessários para a aprovação de um componente, bem como os seus respectivos custos, acompanhado também da duração necessária para execução do processo com a presença da análise virtual.

4.1.1 Resultados dos testes físicos

Nesse método colocou-se à prova a colisão lateral do veículo devidamente instrumentado, onde levantou-se os custos com: manequim, sensores de instrumentação do manequim, veículo, sensor instrumentação do veículo e barreira de colisão. O valor demonstrado na tabela 4 é referente apenas a um teste de colisão no físico.

Devido ao risco de danificar alguns dos componentes durante a realização do teste, é indicado a compra duplicada de alguns deles, dessa forma se houver alguma necessidade de troca, a manutenção será de forma ágil para que não ocorra atraso na execução do ensaio e consequentemente nas entregas dos projetos.

Tabela 4: Custo operacional – Primeiro teste físico

Método Experimental	
Operação	Valor
Manequim	R\$ 470.000,00
Barreira de colisão	R\$ 7.500,00
Sensores de instrumentação manequim	* R\$ 72.471,00
Veículo	* R\$ 139.000,00
Sensores de instrumentação veículo	* R\$ 6.153,00
TOTAL	R\$ 695.124,00
* Componentes comprados de forma duplicada	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Como citado anteriormente, são necessários dois ensaios físicos para aprovação de um componente, sendo o primeiro com a finalidade de compilação de dados e conhecimento do comportamento da estrutura do veículo e um segundo que é realizado após os ensaios feitos no virtual. O último teste de colisão, têm a finalidade de aprovação em consonância aos resultados encontrados no virtual.

Como mostrado na tabela 5, os componentes comprados de forma duplicada são considerados no segundo teste, mas há possibilidade de não ocorrer a necessidade de troca dos sensores, o que reduziria o seu custo, há também outro fato que beneficia o segundo teste, o de não haver necessidade de compra de todos os componentes, ficando menos oneroso para a montadora.

Tabela 5: Custo operacional físico – Segundo teste físico

Método Experimental	
Operação	Valor
Manequim	-
Sensores de instrumentação manequim	R\$ 72.471,00
Veículo	R\$ 139.000,00
Sensores de instrumentação do veículo	R\$ 6.153,00
Barreira de colisão	-
TOTAL	R\$ 217.624,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Dessa forma, para encontrar o valor total para a execução do teste físico é necessário a soma do primeiro e último testes do processo, o que é mostrado na tabela 6.

Tabela 6: Custo total físico

Método Experimental - TOTAL	
Ensaio	Valor
Primeiro ensaio físico	R\$ 695.124,00
Segundo ensaio físico	R\$ 217.624,00
TOTAL	R\$ 912.748,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Portanto o custo total estimado nos dois testes físicos é de R\$ 912.748,00, esse valor será somado com o custo estimado para os testes virtuais para o cálculo do custo total dos ensaios realizados.

4.1.2 Resultados dos testes virtuais

O método numérico se trata das simulações virtuais feitas através de microcomputadores e o software, as análises são realizadas entre o primeiro e o segundo teste físico. No estudo de caso eles são de extrema importância, após a compilação dos resultados encontrados no primeiro teste físico, alimenta-se o software para preparação, correção e sua realização das simulações. Os itens que foram utilizados para a realização das cinco análises virtuais são: software de simulação, horas dos engenheiros e dos projetistas responsáveis e um microcomputador. A tabela 7 mostra os itens com seus respectivos valores para a realização do primeiro ensaio virtual. Por se tratar de gastos mensais, os custos com horas de engenheiro e projetista devem ser multiplicados por três, uma vez que o primeiro ensaio tem a duração de três meses.

Tabela 7: Custo virtual – Primeiro ensaio virtual

Método Numérico	
Operação	Valor
Software de simulação	R\$ 263.500,00
Hora de engenheiro projetista	* R\$ 36.336,00
Microcomputador	R\$ 30.000,00
TOTAL	R\$ 329.836,00
* Itens duplicados	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Para a realização dos segundo ao quinto ensaio virtual alguns itens são excluídos da contagem, pelo fato já terem sido comprados previamente e não devem ser considerados, uma vez que é possível a realização de vários testes por esses mesmos itens.

Conforme mostrado na tabela 8, o item a ser duplicado está diretamente relacionado ao tempo de duração dos ensaios virtuais, que seriam os custos com as horas de engenheiro e projetista, mas para saber quantas vezes os custos/salários irão se repetir é necessário saber o tempo de duração do segundo a quinto ensaio virtual. Por se tratar de um trabalho complexo, onde prepara-se toda a malha do veículo com elementos finitos, a realização das análises virtuais tem a duração de 6 dias para cada ensaio. Uma vez que o primeiro ensaio já foi realizado, restam quatro novos testes, totalizando, portanto, 24 dias. Portanto a tabela 8 apresenta o custo estimado para os quatro ensaios.

Tabela 8: Custo operacional virtual – Segundo a quinto ensaio virtual

Método Numérico		
Operação	Quant.	Valor
Software de simulação	-	-
Hora de engenheiro projetista	1	* R\$ 12.112,00
Microcomputador	-	-
TOTAL		R\$ 12.112,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Somando o valor encontrado no primeiro ensaio virtual com os demais ensaios virtuais, estima-se o custo final para os testes virtuais demonstrado na tabela 9.

Tabela 9: Custo total virtual

Método Numérico	
Operação	Valor
Primeiro ensaio virtual	R\$ 329.836,00
Segundo a quinto ensaio virtual	R\$ 12.112,00
TOTAL	R\$ 348.948,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Pode-se observar que após levantamento de todos os dados encontrados a partir das realizações dos dois ensaios físicos presente no método experimental e os cinco ensaios virtuais presente no método numérico, há uma diferença relevante de valores envolvendo os custos de operação.

Conforme mostrado na tabela 10, é possível ver o custo total gasto para o desenvolvimento de um componente automotivo, a grande diferença de valores entre os dois métodos é nítida, onde se pode ver que o método experimental é mais oneroso se comparado ao método numérico.

Tabela 10: Custo total dos ensaios – Físico e Virtual

Método	Custo
Custo total físico - método experimental	R\$ 912.748,00
Custo total virtual - método numérico	R\$ 348.948,00
TOTAL	R\$ 1.261.696,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Portanto o custo total estimado nos dois métodos é de R\$1.261.948,00, esse valor será comparado posteriormente com os valores encontrados no método sem a presença da análise virtual.

4.1.3 Tempo de duração - físico e virtual

Há outro fator relevante que deve ser considerado no processo de desenvolvimento de um projeto, o tempo. O tempo é um dos fatores determinantes em cada etapa de um projeto, onde se houver algum atraso, irá prejudicar os próximos passos de desenvolvimento do produto, por esse motivo tem uma importância significativa.

Como é possível observar na tabela 11, é realizada a soma da quantidade de dias gasto nos processos de análise tanto virtual (três meses para o primeiro ensaio e seis dias para os

outros quatro ensaios restantes), quanto físicos (dois ensaios físicos sendo 6 dias cada). É possível ver que o tempo total de 126 dias para o desenvolvimento com a presença de análise virtual.

Tabela 11: Tempo (Físico e Virtual)

Método	Duração
Tempo de preparação Virtual	114 dias
Tempo de preparação Físico	12 dias
TOTAL	126 dias

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Constatou-se que a duração gasta utilizando os métodos físicos e virtuais é de 126 dias, esse tempo estimado, será posteriormente comparado com o tempo de duração presente na seção 4.2.3, onde é levando em consideração apenas testes físicos durante todo o processo.

4.2 Resultados somente com a presença da análise física

Uma vez estimado o custo dos processos considerando a análise virtual, serão estimados nessa seção os custos considerados na realização do processo somente de forma física, excluído assim a análise virtual, a fim de posteriormente serem comparados os dois métodos, ou seja, com e sem a presença da análise virtual.

4.2.1 Resultados somente do método experimental

Observou-se que o custo encontrado incluindo os métodos experimental e numérico no processo, é bem expressivo para uma empresa, que tem como uma de suas finalidades a lucratividade, mas é menor se comparado com um processo com apenas testes físicos, excluindo assim análise virtual. Na presente seção utilizou-se apenas o método experimental em todos os sete ensaios, dessa forma o custo do processo de desenvolvimento ficaria mais oneroso para a montadora, conforme mostrado na tabela 12.

Tabela 12: Custo – Somente ensaio físico

Método Experimental		
Operação	Quant.	Valor
Primeiro ensaio físico	1	R\$ 695.124,00
Segundo ao sexto ensaio físico	6	R\$ 217.624,00
TOTAL		R\$ 2.000.868,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Portanto o custo total estimado no método onde está presente apenas os testes físicos são de R\$ 2.000.868,00, esse valor será comparado com o custo encontrado na seção 4.1.2, onde utilizou-se as análises virtuais no processo.

4.2.3 Tempo de duração - físico

Como demonstrado na tabela 13, considerou-se nessa situação que todos os sete ensaios fossem feitos somente através da análise física, dessa foram considerados 6 dias para todos os ensaios utilizados no estudo de caso.

Tabela 13: Duração total dos ensaios - Físicos

Método	Quant.	Dias
Método Experimental	7	6
TOTAL		42

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Constatou-se que, utilizando apenas o método físico durante a os testes de validação do componente, sua duração foi de 42 dias, esse tempo estimado, será posteriormente comparado com o tempo de duração presente na seção 4.1.3, onde é levando em consideração os métodos físicos e virtuais.

4.3 Comparação entre os métodos com e sem análise virtual

Como pode-se observar, o valor encontrado na tabela 12, onde apresenta-se os sete ensaios feitos somente da forma física, é maior do que o valor demonstrado na tabela 10, onde são feitos dois ensaios físicos e cinco ensaios virtuais. Fazendo a comparação entre os dois métodos, é possível estimar o real impacto para a montadora durante o processo de desenvolvimento de um projeto, conforme mostrado na tabela 14.

Tabela 14: Custo - (Somente físico) x (Físico e Virtual)

Comparação das análises	
Método	Custo
Somente físico	R\$ 2.000.868,00
Físico e virtual	R\$ 1.261.696,00
DIFERENÇA	R\$ 739.172,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Constatou-se que o valor encontrado na tabela 14, refere-se a economia que a montadora teve durante o desenvolvimento incluindo no seu processo o método de análises virtuais, mostrando assim um verdadeiro impacto no seu orçamento.

Conforme mostrado na tabela 15 aos dias gastos em cada processo, vendo assim a diferença de dias gastos em cada um dos métodos com e sem as análises virtuais.

Tabela 15: Tempo - (Somente físico) x (Físico e Virtual)

Comparação de duração	
Método	Dias
Físico e virtual	126
Somente físico	42
DIFERENÇA	84

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

A diferença de dias gastos em cada um dos métodos é de 84 dias, um valor significativo, mas durante o desenvolvimento do produto, é necessário ter um olhar mais abrangente. Por esse motivo, apesar da duração dos ensaios para aprovação do componente utilizando também o método de análises virtuais ser maior, em compensação o seu custo para realização é menor. Em um mercado cada vez mais competitivo, qualquer economia no seu processo de produção é benéfica, deixando a empresa/montadora mais competitiva perante os seus concorrentes.

5 CONCLUSÃO

Observou-se que com o passar dos anos as normas, ficaram cada vez mais exigentes em relação a segurança veicular, por esse motivo as montadoras tiveram que se adequar e se reinventar, utilizando novos métodos de avaliação e validação de seus carros, para verificar se seus novos veículos atendem as diretrizes exigidas pelas normas.

Devido à necessidade do mercado surgiram softwares que permitiam a realização de análises de simulações de colisão veicular. Essas tecnologias tiveram muitas vantagens para uma montadora, principalmente redução de custo para desenvolvimento de um produto.

Através dos dados levantados com o estudo de caso, foi possível mensurar os dois métodos utilizados para validação de um componente automotivo. No presente trabalho foram realizados sete testes, sendo dois físicos (método experimental) e cinco virtuais (método numérico). Considerando esses dois métodos foram utilizados do recurso da empresa um valor de R\$ 1.261.696,00, um valor expressivo para o mercado, mas se consideramos somente o

método experimental, excluído o método numérico, ou seja, as análises virtuais do processo de desenvolvimento, o custo do processo de desenvolvimento do projeto para a montadora seria de 63,1% mais oneroso, chegando no valor de R\$ 2.000.868,00.

Com isso as análises virtuais, nos dias de hoje, são de extrema importância para uma montadora, pois através dela é possível otimizar o processo e consequentemente os recursos do desenvolvimento de seus produtos gerando uma economia significativa para a empresa. Sabemos que as empresas têm como um de seus fins a lucratividade, essa economia encontrada no valor de: R\$ 739.172,00, traz consigo benefício de aumentar a capacidade de produção e desenvolvimento de novos produtos, mantendo assim, uma empresa mais competitiva perante os seus concorrentes.

Conclui-se que os softwares ajudaram em dois aspectos, sendo eles: desenvolvimento e gestão do produto. Os softwares ajudam no desenvolvimento do produto, onde é possível modelar a peça desejada de forma virtual, facilitando assim a visualização por parte dos projetistas envolvidos no processo, essa visualização antecipada auxilia na possibilidade de encontrar possíveis erros no produto, erros esses que seriam vistos somente no produto na sua etapa final. Essas anomalias encontradas de forma antecipada podem ser corrigidas antes de serem fabricadas, reduzindo assim o custo da empresa. Outro ponto a ser levantado é o auxílio dos softwares para gestão e execução do projeto automotivo, com o auxílio dessa ferramenta computacional é possível gerar uma arquitetura contemplando todos os componentes que fazem parte do carro, dessa forma todos os envolvidos no processo de desenvolvimento do veículo, têm mais facilidade para visualizar a peça do veículo que deseja.

5.1 Trabalhos futuros

O presente trabalho teve como finalidade levantar os custos financeiros encontrados durante os ensaios para aprovação de um determinado componente. Dessa forma, a análise foi separada de duas formas: análise feita com a presença do virtual e físico e análise feita somente utilizando o método físico. Posteriormente, foram comparados ambos os métodos para verificar qual seria o melhor custo-benefício para a montadora.

Observou-se, que há a possibilidade de mensurar cada um dos processos encontrados, mostrando seu tempo real de execução e custo. Através de algumas ferramentas é possível auxiliar o gestor no controle das atividades exercidas pelos seus colaboradores, tendo mais eficiência no levantamento de indicadores, que demonstrando o avançamento das atividades

durante a execução do projeto. Essas ferramentas podem ser utilizadas com a finalidade de gerenciamento de tempo, custo e distribuição de tarefas na empresa, como exemplo os softwares MS-Project, ProjectLibre, ProofHub, entre outros.

Com isso, é possível relacionar os dados de forma a verificar se atenderão ao cronograma estipulado, permitindo um melhor gerenciamento das atividades e prazos de entrega.

REFERÊNCIAS

CARHS (2016). Safety Companion 2016. Germany.

FALCONI; AMBEV; OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA (2014). **Retrato da segurança viária no Brasil**. Brasília. 104 p.

Guia **PMBOK**, Disponível em: <https://analisederequisitos.com.br/wp-content/uploads/2020/10/pmbok-6-portugues.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.

KEELING, Ralph; BRANCO, Renato Henrique Ferreira. **Gestão de Projetos 3º edição**. Editora Saraiva.

MAÇÃES, Manuel Alberto Ramos. **Manual de gestão moderna**. 2014, Conjectura Actual Editora. Lisboa. Portugal. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Manual_de_Gest%C3%A3o_Moderna_Teoria_e_Pr%C3%A1tica/gWXIBAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=Conceito+de+gest%C3%A3o++livros&printsec=frontcover. Acesso em: 11 out. 2022.

MADEIRA, Claudia. Pesquisa: Aplicação de prototipagem durante projetos de veículos. 2008. Notícias. **Centro de Engenharia Automotiva**. Disponível em: <https://www.automotiva-poliusp.org.br/pesquisa-aplicacao-da-prototipagem-durante-projeto-de-veiculos-3/>. Acesso em: 22 out. 2022.

MARCONDES, José Sérgio (30 setembro de 2019). **Gestão: O que é, O Que faz, Conceitos e os 3 Tipos de Gestão Disponível em Blog Gestão de Segurança Privada**: Disponível em: <https://gestaodesegurancaprivada.com.br/gestao-o-que-e-que-faz-conceitos> Acessado em: 04 nov. 2022.

MARQUES, Ernani. **Governança de Projeto: Sua importância e como estabelecê-la**. 2017. Disponível em: <https://www.gp4us.com.br/estabeleca-governanca-do-projeto/> Acesso em: 12 ago. 2022.

NUNES. Lauro Roberto. **Projeto e Validação de software automotivo com o método de desenvolvimento baseado em modelo**. Dissertação, PR, 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2919/1/PG_PPGE_M_Nunes%20Lauro%20Roberto_2017.pdf Acesso em: 06 set. 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Global status report. on Road safety 2021: supporting a decade of action.** Genebra: WHO, 2013. 318 p.

Disponível em: <http://www.rfi.fr/br/europa/20200219-onu-quer-reduzir-em-50-os-mais-de-1-milh%C3%A3o-de-mortes-por-acidentes-no-tr%C3%A2nsito>. Acesso em: 20 set. 2022.

PAES, Anderson Luiz Da Silva. **A execução como uma falha no planejamento estratégico.** Estação Científica - Juiz de Fora, nº 16, julho – dezembro / 2016. Disponível em: <https://portal.estacio.br/media/3727386/a-execu%C3%A7%C3%A3o-como-uma-falha-no-planejamento-estrat%C3%A9gico.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2022

PAULO MELPM MIND MAP **A gestão descomplicada de projetos –** Novo modelo visual para a indicação, planejamento, execução, monitoramento, controle e encerramento de projeto. 2015

RODRIGUES, R. C. **Análise dinâmica para desenvolvimento de conceitos estruturais de painéis de porta em colisões laterais.** Belo Horizonte, 2017, dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica.

ROSENFELD, Henrique. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do Processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, Eduardo Henrique. **Levantamento do estado da arte e análise comparativa entre as principais ferramentas de prototipagem virtual e manufatura aditiva (prototipagem rápida) utilizadas como apoio ao processo de desenvolvimento de produtos com apresentação de estudos de caso.** Monografia. PR, 2016. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19317/1/CT_CEGDP_2016_1_03.pdf Acesso em: 08 set. 2022.

TERREO, Maurício. **O uso de protótipos virtuais na validação de projetos mecânicos complexos: um estudo de caso no setor automobilístico.** Dissertação, SP, 2007. Disponível em: http://automotiva-poliusp.org.br/wp-content/uploads/2013/02/terreo_mauricio.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

TAKEO U. et al (2012). **Applications of Occupant Safety Simulation using MADYMO.** Komatsu Technical report.