

Processo de Desenvolvimento de veículo Ecoeficiente

Fabio Koenig (Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG) fabio.koenig@fsg.br
Luciane Calabria (Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG) luciane.calabria@fsg.br
Luiza Grazziotin Selau (Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG) luiza.selau@fsg.br
André Cardoso Dupont (Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG) andre.dupont@fsg.br
Marcos Vinícius Benedete Netto (Centro Universitário da Serra Gaúcha – FSG) marcos.netto@fsg.br

Resumo:

A sociedade moderna tem constantemente buscado soluções para problemas gerados pelo próprio avanço socioeconômico. Um exemplo é o crescente impacto ambiental gerado pelo significativo consumo de combustíveis para sustentar a atual frota mundial de veículos, evidenciando a necessidade de se pesquisar alternativas eficientes para minimizar os impactos causados pela extração, produção e queima destes combustíveis no meio ambiente. Além disso, os problemas atuais de mobilidade urbana são evidentes nas médias e grandes cidades, exigindo ações imediatas que resultem em melhorias na ocupação e distribuição do fluxo de veículos automotores nas vias urbanas. Diante disso, este trabalho apresenta a aplicação da metodologia de projeto de Pahl e Beitz, como forma de orientação as atividades projetuais para a concepção de um protótipo de veículo ecoeficiente, realizado através de um projeto de pesquisa de uma instituição de ensino superior da Serra Gaúcha, como uma proposta de solução sustentável em sistemas de mobilidade.

Palavras chave: Eco eficiência, Veículo, Desenvolvimento de produto.

Eco-Efficient Vehicle Development Process

Abstract

Modern society has constantly sought solutions to problems generated by socioeconomic advancement. One example is the growing environmental impact generated by the significant fuel consumption to sustain the current world fleet of vehicles, highlighting the need to find efficient alternatives to minimize the impacts caused by the extraction, production and burning of these fuels on the environment. In addition, the current problems of urban mobility are evident in medium and large cities, requiring immediate actions that result in occupancy and distribution improvements of automotive vehicles flow on urban roads. Therefore, this work presents the application of Pahl and Beitz design methodology as a way to guide the projective activities for the design of an eco-efficient prototype vehicle, conducted by a research project of a education institution in Rio Grande do Sul (Brazil) as a proposal for a sustainable solution in mobility systems. The abstract must have a maximum of 250 words, in Times New Roman font, size 11, justified, simple intervals between lines. The abstract must express, in a coherent and clear way, the main points of the article. It must be preceded by at least 3, and a maximum of 5 key-words, divided by comas, as this model presents.

Key-words: Eco-efficient, Vehicle, Formatting, Product development.

1. Introdução

A indústria automotiva constitui um dos maiores conjuntos de atividades de negócio do mundo atualmente, responsáveis por grandes investimentos industriais e pela geração de

empregos e renda. O crescimento deste segmento da indústria se deve ao aumento gradativo da frota de automóveis e veículos de transporte, que se tornaram essenciais para as condições de mobilidade urbana, interferindo diretamente na condução da nossa vida diária e acarretando em congestionamentos urbanos e no tráfego intenso das rodovias, gerando como consequência grande impacto ambiental.

Conforme Larica (2003), faz-se necessário utilizar atuais conceitos de sustentabilidade para criar novas soluções de transporte e aperfeiçoar projetos de veículos movidos a energia de fontes renováveis, visando a redução do consumo de combustíveis derivados de petróleo, cuja queima é causa de grandes problemas ambientais.

Desta forma, torna-se fundamental o estudo e aplicação de métodos e técnicas no desenvolvimento de projetos de sistemas de mobilidade, objetivando melhorar o processo construtivo para assim atender as necessidades humanas, de economia, performance e praticidade, mas sem descartar aspectos de preservação da natureza. Diante deste contexto, o Centro Universitário da Serra Gaúcha –FSG, localizado em Caxias do Sul-RS, através de um projeto de pesquisa e extensão denominado “Projeto FSG Ecoeficiência”, envolvendo acadêmicos das Engenharias e Design, buscou oportunizar a pesquisa e aplicação de tecnologias e soluções sustentáveis que possam estimular a consciência ambiental nos alunos e na comunidade acadêmica em geral, através do desenvolvimento de um veículo eco eficiente, relacionando a teoria exposta em sala de aula com a prática projetual. Neste trabalho serão apresentadas algumas etapas da aplicação do método projetual de Pahl e Beitz, com ênfase na fase de concepção do projeto do veículo.

2. Referencial teórico

2.1 Desenvolvimento de produtos

De acordo com Pahl et al.(2005), tendo em vista a grande importância do desenvolvimento de um produto no momento certo e que desperte interesse por parte do mercado, faz-se necessário um procedimento para o desenvolvimento de boas soluções, que seja planejável, flexível, otimizável e verificável. Para Baxter (2005, p.3), “a atividade de desenvolvimento de um novo produto não é tarefa simples. Ela requer pesquisa, planejamento cuidadoso, controle metódico e, mais importante, o uso de métodos sistemáticos”. O mesmo autor ainda afirma que os métodos sistemáticos de projetos exigem abordagem interdisciplinar. Já Back et al.(2008) corrobora afirmando que no desenvolvimento de projetos de produtos com maior complexidade é indispensável seguir um procedimento ou uma metodologia predeterminada, planejando, implementando, monitorando e controlando todo o processo de projeto. Pahl et al. (2005), define que uma metodologia projetual é procedimento planejado contendo indicações concretas de condutas a serem seguidas no desenvolvimento e no projeto de sistemas técnicos, resultantes de conhecimentos na área de projeto, psicologia cognitiva e experiência com aplicações diversas.

Conforme referencia Filho (2008), mais importante do que a capacidade criativa de um projetista é a sua capacidade de análise e decisão acerca de um projeto, para a partir destas poder expressar da melhor maneira a sua criatividade. Back et al.(2008, p 245) reforça que para uma equipe de projeto alcançar soluções criativas para um problema, “recomenda-se usar métodos ou procedimentos que permitam obter, de forma rápida, um conjunto de soluções inovadoras”.

2.2 Metodologia projetual de Pahl e Beitz

O método projetual proposto Pahl et al. (2005), se caracteriza por ter uma estrutura composta por quatro fases principais, sendo elas: O esclarecimento e definição metódica da tarefa,

métodos para concepção, metodologia para anteprojeto e métodos para o detalhamento.

De acordo com Pahl et al.(2005, p.6), “a estruturação dos problemas e das tarefas facilita a percepção das possibilidades de emprego de soluções consolidadas provenientes de desenvolvimentos anteriores e a utilização de catálogos de soluções. A figura 1 ilustra o procedimento geral para desenvolvimento de um projeto proposto pelo autor.

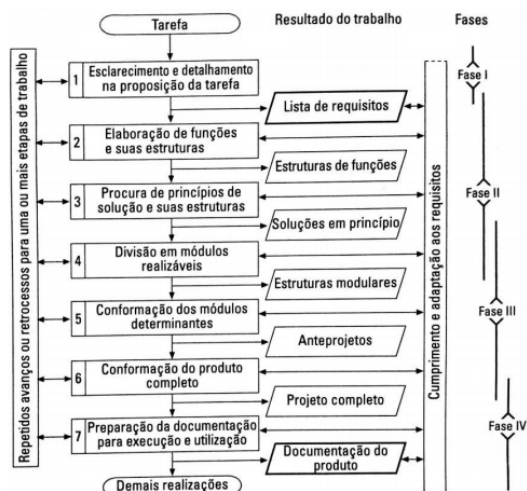


Figura 1 – Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto
Fonte: Pahl et al.(2005, p.6)

Nesta metodologia, a etapa que tem como foco a busca por soluções de projetos é a fase 2 (Métodos para concepção), onde após o esclarecimento do problema, na fase de “Esclarecimento e definição metódica da tarefa”, através de técnicas sistemáticas de estímulo a criatividade, define-se a solução preliminar (princípio de solução). Na figura 2 é possível visualizar as etapas de trabalho da fase de concepção.

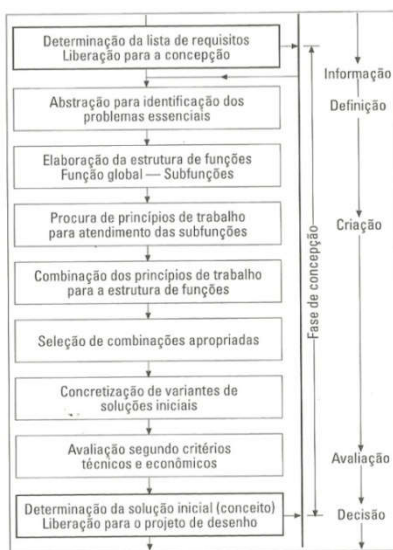


Figura 2 – Etapas de trabalho da fase de concepção
Fonte: Pahl et al.(2005, p.112)

O primeiro passo desta etapa do método é a definição da função global do problema para qual se procura uma solução, onde, tendo como base as especificações de projeto obtidas, procura-se estabelecer uma declaração simplificada da função global do sistema e as interfaces com outros sistemas técnicos e o meio ambiente. Para isso, o autor recomenda o uso da técnica da abstração, que tem como objetivo liberar a mente do projetista para não deixar se conduzir por idéias fixas e convencionais, a fim de buscar de novas e melhores soluções para o projeto. Nesta técnica, busca-se conhecer o problema geral e o principal, pois salientando o principal leva-se ao ponto fulcral do problema, para assim identificar a função global e as condicionantes principais, sem, no entanto fixar um tipo particular e tendencioso de solução.

Através de um diagrama de blocos, as entradas e saídas desses sistemas técnicos definem as interfaces do sistema em estudo, onde busca-se a solução para a função global que transforma entradas em saídas, considerando evidentemente as interfaces delimitadoras da solução. Porém, de acordo com Pahl et al. (2005), é muito difícil encontrar uma solução para a função global, que transforma diretamente as entradas em saídas desejadas. Sendo assim, o autor recomenda decompor a função global sucessivamente em funções mais simples, funções parciais e até ao nível de funções elementares, para assim encontrar a solução de maneira mais fácil. Para isso, utiliza-se a técnica do desdobramento da função global nas suas funções parciais ou elementares, seguindo o fluxo de energia, material ou informação, para assim montar a estrutura de funções que ligam as entradas as saídas. A figura 3 mostra a formulação da função global do sistema, conforme sugerido por Pahl et al(2005).

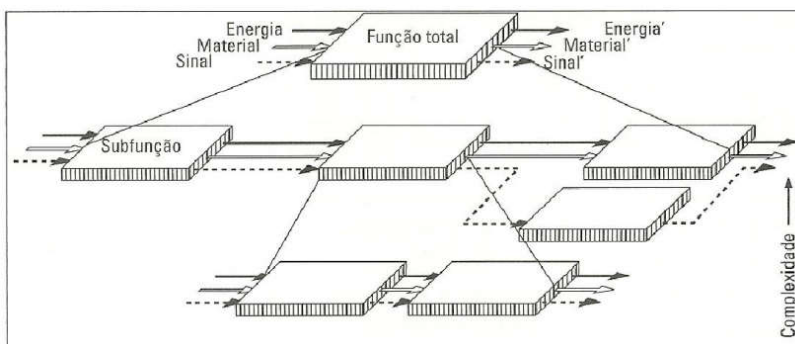


Figura 3: Formulação de uma estrutura de função pela subdivisão de uma função global em subfunções
Fonte: Pahl et al. (2005)

Na busca de soluções, o autor recomenda que se dê prioridade às funções principais que são determinantes da solução global, sendo que as soluções globais tem que ser elaboradas a partir do campo das soluções (princípios de trabalho), por meio de interligações numa estrutura de funcionamento (Síntese do sistema). Para a busca de soluções para subfunções, Pahl et al(2005) considera apropriado selecionar primeiramente, como critério organizador, a função e, como parâmetro da linha, as subfunções a serem atendidas e, nas respectivas colunas lançar de forma numerada possíveis princípios de solução e suas características. Na figura 4 é possível ver o modelo básico do esquema organizador proposto pelo autor.

Funções \ Soluções		Soluções					
		1	2	...	j	...	m
1	F_1	E_{11}	E_{12}		E_{1j}		E_{1m}
2	F_2	E_{21}	E_{22}		E_{2j}		E_{2m}
i	F_i	E_{i1}	E_{i2}		E_{ij}		E_{im}
n	F_n	E_{n1}	E_{n2}		E_{nj}		E_{nm}

Figura 4: Esquema classificatório com subfunções de uma função global e as respectivas soluções

Fonte: Pahl et. al. (2005)

Semelhante ao esquema anterior, o autor ainda sugere como método apropriado para a combinação sistemática o esquema classificador denominado “Matriz Morfológica”, ou “Caixa de Zwicky”. Neste método, na primeira coluna lançam-se as subfunções a serem satisfeitas e nas linhas correspondentes os princípios de funcionamento descobertos. Posteriormente é possível escolher as melhores soluções, considerando a compatibilidade física com os princípios de funcionamento das subfunções vizinhas, interligando-as para formar uma possível estrutura de funcionamento como solução global. A figura 5 mostra um exemplo de aplicação do esquema classificador construído a partir da estrutura de funções.

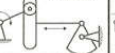
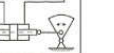
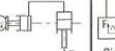
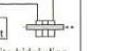
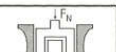
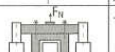
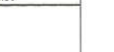
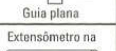
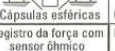
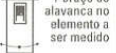
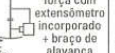
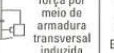
Solução / Subfunção	1	2	3	4	5
A Gerar movimento de rolamento e deslizamento	 Manivela	 Mecanismo senoidal	 Mecanismo da manivela - balanço	 Chapa inclinada	
B Gerar força normal	 Princípio Sirex	 Patim giratório	 Princípio Sirex	 Circuito hidráulico	 Pulso
C Aplicar força normal	 Guia plana	 Cápsulas esféricas	 Correia elástica	 Registro de força	 Registro de força
D Medir força normal	 Extensômetro na trajetória da força	 Registro de força com sensor ôhmico	 Registro de força com sensor indutivo	 Registro de força com sensor capacitivo (PIEZO)	 Corpo-de-prova
E Medir o atrito	 Extensômetro + braço de alavanca	 Registro de força com extensômetro incorporado	 Registro de força por meio de armadura transversal induzida	 Extensômetro direto no eixo	 Sensor de torque (extensômetro/PIEZO)
F Medir temperatura	 Condutor resistivo (Ot 100 etc.)	 Resistência NTC	 Resistência PTC	 Elemento térmico	

Figura 5: Exemplo de esquema classificador construído a partir da estrutura de funções

Fonte: Pahl et al (2005)

Segundo Pahl et al(2005), a seleção dos princípios de soluções compatíveis com a tarefa global e adequados aos objetivos do projeto (lista de requisitos) pode ser feita através de um método de seleção sistemático e verificável. O método distingue-se pelas atividades de eliminação e priorização. Primeiro descartam-se as soluções absolutamente inadequadas e posteriormente são priorizadas as melhores soluções, para que estas possam continuar a desenvolver propostas de solução. A figura 6 exemplifica uma lista de seleção conforme os preceitos citados acima.

TH Darmstadt Depto. de Elementos de Máquinas do Projeto na Engenharia Prof. Dr.-Ing. G. Pahl		Lista de seleção para laminador de ensaio		Folha: 1 Página: 1				
Avaliar alternativas de solução (Lv) de acordo com os critérios de seleção (+) Sim (-) Não (?) Escassez de informações (!) Checar lista de requisitos				Decidir Simbologia das alternativas de solução (+) Prosseguir com o desenvolvimento da solução (-) Descartar solução (?) Consultar informação (Avaliar solução novamente) (!) Testar lista de requisitos com relação a alterações				
Foram dadas as condições de compatibilidade As exigências da lista de requisitos foram satisfeitas								
Realizáveis em princípio Custo aceitável Observada a tecnologia de segurança direta Solução favorecida no campo específico								
Lv	A	B	C	D	E	F	G	Observações (sugestões, justificativas)
A1	1	+	+	+	+			Troca dos casquilhos, estalos nos mancais
A2	2	+	-					Troca dos casquilhos, folga excessiva
A3	3	+	+	+	+			Aproximação parcial da curva senoidal. Erro inferior a 1%
A4	4	+	+	+	-			Custo de produção elevado
A5	5	+	+	+	-			Custo total alto demais
B1	6	+	-					Não ajustável ou somente com acréscimo no custo
B2	7	+	-					Sem possibilidade de ajuste
B3	8	+	+	-				Excessivamente lento
B4	9	+	+	-				Muito lento, pouca variabilidade
B5	10	+	+	+				Correlação linear, bom valor
C1	11	+	+	+				Solução simples
C2	12	+	+	+	?			Custo questionável
C3	13	+	+	-				Demanda de espaço muito elevada
C4	14	+	+	-				Custo muito alto
D1	15	+	+	-				Não há espaço, trajetória da força excessivamente flexível
D2	16	+	+	+				Processo de medição preferido pelo próprio instituto
D3	17	+	+	+				Maior custo em relação a D2
D4	18	+	+	+				Maior custo em relação a D2
E1	19	+	+	-				Elevada necessidade de espaço. Elemento não é rígido

Figura 6: Lista para seleção (extrato) do campo de soluções
 Fonte: Pahl et al (2005)

Após seleção dos princípios de solução, o autor recomenda concretizá-las através de uma estrutura de funcionamento, onde os princípios de soluções são materializados, através de desenhos esquemáticos, a ponto de as tornarem passíveis de avaliação.

Na busca por soluções de projeto, o autor ainda recomenda o uso métodos convencionais e ferramentas auxiliares propostas por diferentes autores. São elas:

- Análise de sistemas naturais: Transferência de soluções e princípios de projeto de sistemas naturais para objetos técnicos.
- Análise de sistemas técnicos conhecidos: Dissecção virtual ou física de produtos existentes.
- Analogias: Substituição do problema ou sistema objetivado por um sistema análogo.
- Medições, testes com modelos: Medições em sistemas existentes, testes com modelos existentes.
- Brainstorming: Técnica em grupo a fim de liberar o pensamento para “tempestade” de pensamentos.
- Método 635: Técnica em grupo de seis participante onde compartilham princípios de solução para um problema.
- Método da galeria: Permite incluir propostas de solução em forma de esboços.
- Técnica Delphi: Para obtenção de soluções, especialistas são questionados por escrito e solicitados a se manifestarem por escrito sobre as soluções.
- Sinética: Deixa-se estimular e conduzir por meio de analogias da área não técnica ou semitécnica.
- Aplicação combinada: Combinação de diferentes métodos de criatividade.

3. Metodologia

O projeto em questão fundamentou-se nos procedimentos metódicos descritos por Pahl, *et al.*, (2005), onde os alunos integrantes do projeto, divididos em equipes interdisciplinares e orientados por professores dos respectivos cursos, utilizaram conhecimentos teóricos e práticos adquiridos em disciplinas da grade curricular ou mesmo em experiências pessoais e profissionais, para projetaram o veículo, dando ênfase aos preceitos de sustentabilidade e aos requisitos de projeto necessários para uma boa performance

Back et al.(2008, p 245a) reforça que para uma equipe de projeto alcançar soluções criativas para um problema, “recomenda-se usar métodos ou procedimentos que permitam obter, de forma rápida, um conjunto de soluções inovadoras”. Os estudos do método projetual foram realizados através de pesquisa exploratória e levantamento bibliográfico, que de acordo com Gil (2010), têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente (GIL, 2010).

A ênfase desta etapa do projeto FSG Ecoeficiência se deu na aplicação da fase de esclarecimento da tarefa e de métodos de concepção, que de acordo com Pahl, *et al.* (2005), tem como foco a busca por soluções de projetos através de técnicas sistemáticas de estímulo a criatividade, para assim definir a solução preliminar de projeto. Sendo assim, ao fim desta etapa, este trabalho apresenta uma variante de solução, que depois de aprimorada foi materializada através do protótipo do veículo eco eficiente.

4. Análise e discussão de resultados

4.1 Esclarecimento da tarefa

De acordo com Pahl et al. (2005d), através de um diagrama de blocos, as entradas e saídas de sistemas técnicos definem as interfaces do sistema em estudo, onde se busca a solução para a função global que transforma entradas em saídas, considerando evidentemente as interfaces delimitadoras da solução. Para isso, utiliza-se a técnica do desdobramento da função global nas suas funções parciais ou elementares, seguindo o fluxo de energia, material ou informação, para assim montar a estrutura de funções que ligam as entradas as saídas. A figura 7 mostra a estrutura de funções do projeto do veículo, conforme sugerido por Pahl et al (2005), onde são desmembradas as funções necessárias para funcionamento do veículo. Tais funções e subfunções foram elaboradas tendo como base sistemas similares já aplicados comercialmente, mas sem definir soluções concretas para projeto, conforme recomenda o autor.

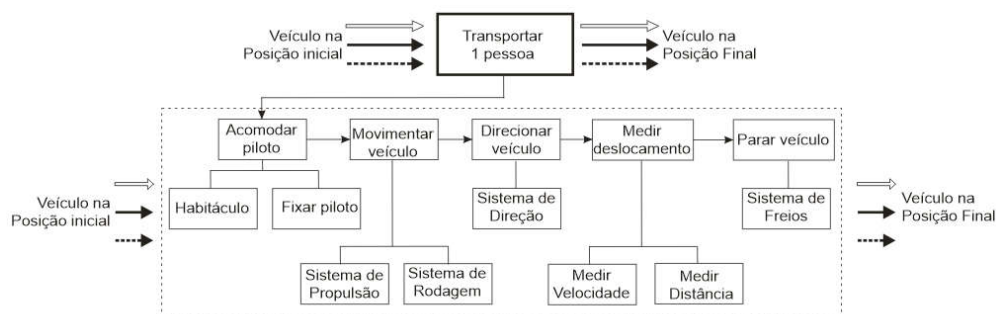


Figura 7. Estrutura de funções
Fonte: Elaborado pelos autores, 2016

4.2 Princípios de solução

De acordo Na busca de soluções, Pahl et al(2005) recomenda que se dê prioridade às funções principais que são determinantes da solução global, sendo que as soluções globais tem que ser elaboradas a partir do campo das soluções (princípios de trabalho), por meio de interligações numa estrutura de funcionamento (Síntese do sistema). Para a busca de soluções para subfunções, o autor considera apropriado selecionar primeiramente, como critério organizador, a função e, como parâmetro da linha, as subfunções a serem atendidas e, nas respectivas colunas lançar de forma numerada possíveis princípios de solução e suas características. Na figura 8 é possível ver o esquema organizador proposto pelo autor, adaptado ao projeto do veículo ecoeficiente, com os princípios de soluções compatíveis com o projeto e adequados a lista de requisitos. Os princípios de solução foram escolhidos através de método de seleção sistemático proposto por Pahl et al(2005).

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SELECIONADAS					
Subfunção/Componente		SOLUÇÃO			
		A	B	C	D
Acomodar piloto	Fixar piloto	Cinto de 2 pontos	Cinto de 4 pontos	Cinto de 3 pontos	
	Estrutura /chassi	Perfil C	Cantoneira	Tubo	monocoque
	Material chassi	Aço	Alumínio		
	Material carenagem	Fibra de vidro	Fibra de carbono	Placas de acrílico	Fibra de curauá
Movimentar veículo	Sistema de propulsão	Etanol	Gasolina	Elétrico	
	Sistema de rodagem	4 rodas	3 rodas		
Medir deslocamento	Medir velocidade	Odômetro velocímetro sem fio	Odômetro velocímetro com cabo		
	Medir distância				
Sistema de direção		Pinhão e cremalheira	Sistema Ackermann		
Sistema de freios	Dianteiro	Cantilever	V-Brake	V-brake Hidráulico	Freio a disco
	Traseiro	Cantilever	V-Brake	V-brake Hidráulico	Freio a disco

Figura 8. Alternativas de solução escolhidas

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir da aplicação das fase de planejamento e concepção, presentes na metodologia de Pahl e Beitz, os princípios de soluções foram concretizadas, inicialmente através de desenhos esquemáticos e posteriormente através de modelagem no software CAD “Solidworks”, onde componentes e sistemas foram detalhados, a ponto de os tornarem passíveis de avaliação mais detalhada. Na modelagem virtual, também foram realizados ajustes ergonômicos, através de boneco ergonômico virtual (Fig.9), objetivando o conforto do piloto durante a condução do veículo, bem como na entrada e saída do habitáculo.

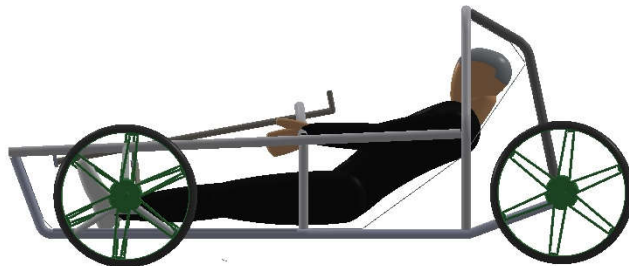


Figura 9. Adequação ergonômica em software CAD
Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

Após a realização de ajustes, iniciou-se a construção do protótipo do veículo, com o objetivo de executar testes e identificar possíveis melhorias no projeto. O veículo foi concebido para o transporte de uma única pessoa, com estrutura tubular de alumínio e impulsionado por um motor elétrico alimentado por bateria de lítio, proporcionando leveza e eficiência energética no deslocamento do veículo. A figura 10 ilustra uma síntese da evolução da construção do protótipo até o momento atual do projeto.



Figura 10. Síntese do processo de construção do protótipo
Fonte: Registros dos autores, 2016.

5. Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi a construção de um veículo ecoeficiente, utilizando para isso métodos sistemáticos que possibilitassem auxiliar o processo de investigação, de tomada de decisões, de seleção de conceitos, hipóteses, técnicas e dados adequados, contribuindo para a minimização dos riscos de erros no projeto. A sequência de técnicas proposta pelos autores nas etapas de esclarecimento da tarefa e de métodos de concepção, proporcionou a organização das atividades projetuais, orientando as pesquisas em sistemas já consagrados em outros equipamentos similares, permitindo a busca de soluções adequadas ao contexto técnico, econômico e ao atendimento dos principais requisitos de projeto. A confecção do protótipo permitirá coletar informações mais precisas acerca dos sistemas, materiais, componentes e soluções adotadas, auxiliando assim no processo de melhoria contínua do projeto, dando sequência a aplicação da metodologia projetual. O projeto atualmente

encontra-se na fase de produção das carenagens do veículo e de testes de rodagem e desempenho, com o objetivo de melhorar a performance do veículo.

Referências

BACK, N., OGLIARI, A., DIAS, A. AND SILVA, J. C.*Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem.* Manoale, Barueri, SP, 2008.

BAXTER, M.*Projeto de Produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos.* São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

DENATRAN- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRANSITO.Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 15 Maio 2016.

DUARTE, Fábio.*Introdução à mobilidade urbana.*/Fábio Duarte, Rafaela Libardi, Karina Sánchez./ 1ª Ed.(ano 2007), 3ª reimpr./Curitiba: Juruá, 2012.

GIL, A.C.*Como elaborar projetos de pesquisa.* 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LARICA, N. J.*Design de Transportes: arte em função da mobilidade.* Rio de Janeiro: Ed. PUC-RJ, 2003.

PAHL, GERHARD., BEITZ, WOLFGANG., FELDHUSEM, JÖRG. E GROTE, KARL H.*Projeto na Engenharia.* 6ª ed. Editora Blucher, São Paulo, 2005.