

Prêmio AEA 2019 - Projetos de Meio Ambiente

Lifecycle assessment on Powertools

Responsáveis pelo Projeto

Adriano Cagnin, Thiago Cabrelon, Ronaldo Ramos, Renato Leite

Robert Bosch Ltda

RESUMO

O trabalho em questão trata do desenvolvimento de grupo produtos na linha de ferramentas elétricas sendo duas furadeiras de impacto e uma esmerilhadeira pequena. Os produtos em questão possuem projetos clássicos, o que torna um desafio criar novas soluções que garantam maior eficiência a estes produtos. Ambos devem atender as normas IEC 60745, assim como observar, se aplicável, a NR12.

No caso da esmerilhadeira pequena o produto predecessor, apesar da excelente qualidade e aceitação do mercado, demandava um “facelift” onde se mostrou possível a manutenção da potência, porém com ganhos no peso do produto, garantindo maior eficiência energética do novo conjunto.

Já nas furadeiras de impacto a oportunidade de desenvolvimento destes produtos surgiu principalmente da obsolescência dos produtos em mercado e da necessidade de entregar ao usuário um produto mais ergonômico e leve. Além disso, estes produtos possuem grande representatividade em termos de faturamento e volume para a planta de ferramentas elétricas de Campinas.

De uma forma geral o foco dos dois projetos visa a otimização dos produtos para entregar ao usuário produtos mais eficientes e atrativos.

Aplicabilidade

A metodologia utilizada nos projetos apresentados neste trabalho não se restringe exclusivamente a ferramentas elétricas, podendo ser utilizada em qualquer outra área onde haja interesse de se melhorar a eficiência de produtos, garantindo a sua robustez e reduzindo a quantidade de matéria prima e desperdício gerado em toda a sua cadeia produtiva.

Objetivo

Os objetivos principais almejados pelos times que fizeram parte dos projetos descritos neste material tinham como foco principal:

- Melhoria de ergonomia (peso e interface com usuário);
- Melhoria de eficiência (desempenho e durabilidade);
- Melhoria de rentabilidade;

Os objetivos em questão vêm de encontro com os princípios ambientais que visam a sustentabilidade e o uso consciente dos recursos ambientais.

1. Estratégia de desenvolvimento

A estratégia de desenvolvimento de ferramentas elétricas sempre passa pelo levantamento das necessidades do usuário, portanto as visitas a campo foram utilizadas de forma ostensiva para garantir a compreensão destas necessidades, que no início dos projetos da furadeira e da esmerilhadeira foram definidas conforme descrito abaixo:

Principais demandas do usuário para a esmerilhadeira:

- Potência de placa: 850W
- Redução do peso;
- Facilidade (controles intuitivos / conforto) e ergonomia durante o uso -> “*Joy of Use*”

Principais demandas do usuário para a furadeira de impacto:

- Potência de placa: 550W
- Redução do tamanho do produto e consequentemente redução do peso;
- Facilidade (controles intuitivos / conforto) e ergonomia durante o uso -> “*Joy of Use*”

Após as etapas iniciais de pesquisa de campo com os usuários, segue a etapa de transformação da voz do cliente em requisitos técnicos, através do uso da ferramenta QFD – “Quality Function Deployment”. Esta etapa é constantemente revisitada durante as fases de desenvolvimento para verificação do atendimento das necessidades do cliente.

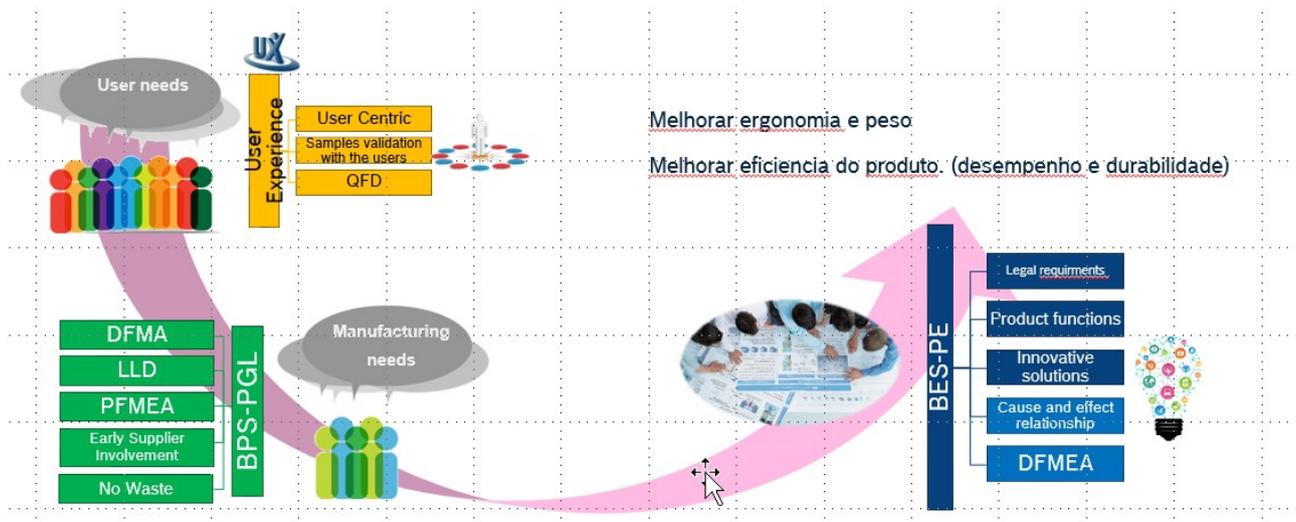


Figura 1: “Desdobramento da demanda do usuário para as soluções de produtos”

Além das necessidades dos usuários foram observados os “inputs” da própria organização, para tal ferramentas como DFMA (Design for manufacturing and assembly) e PFMEA (process failure mode and effect analysis) foram utilizados.

O envolvimento de fornecedores assim como LLD (Lean Line Design) contribuíram de forma significativa para a redução de matéria prima e a otimização de processos de processos fabris.

As duas estratégias definidas acima são base para a concepção do produto que utilizam como ferramentas: DFMEA (Design Failure Mode and Effect Analysis) e compreensão das relações de causa e efeito; seguindo as regulamentações e requisitos legais dos mercados onde os produtos serão vendidos.

2. Resultados obtidos com o projeto da esmerilhadeira pequena

Como resultado para o projeto da nova esmerilhadeira pode-se mencionar a redução de peso total do produto em 200 gramas, onde o produto anterior possuía 1,9 kg e o novo produto possui 1,7 kg, entregando ao usuário maior conforto no uso do produto gerando menos esforço no seu punho durante o processo de utilização. Durante o desenvolvimento do produto atual, foi possível reduzir a quantidade de componentes em 27%.

Na figura 4 é possível observar os principais benefícios alcançados com este produto sendo que o detalhamento destes mesmos resultados será apresentado na sequencia deste material.

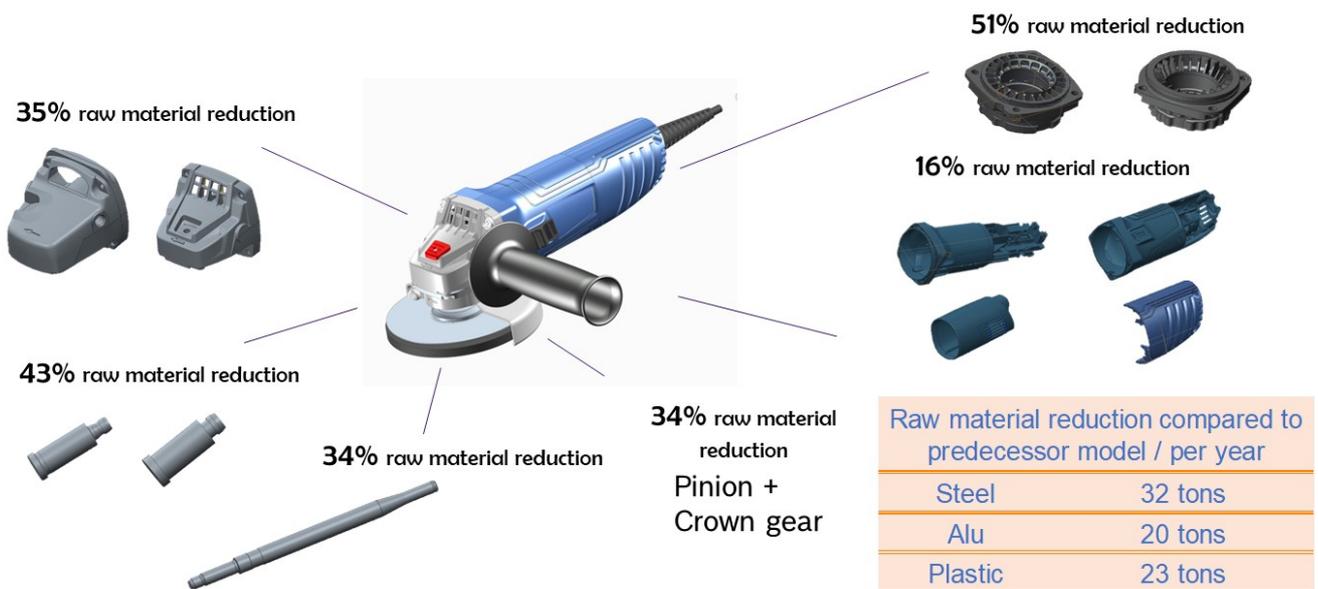


Figura 4 – benefícios obtidos no desenvolvimento da nova esmerilhadeira

Na figura 4 pode ser observado o novo conceito da carcaça do motor, onde os principais benefícios podem ser destacados:

- Redução de peso de 207 gramas para 174 gramas, ou seja 16% mais leve;

Com isto foi possível reduzir o consumo anual de plástico por produto em 23 toneladas.

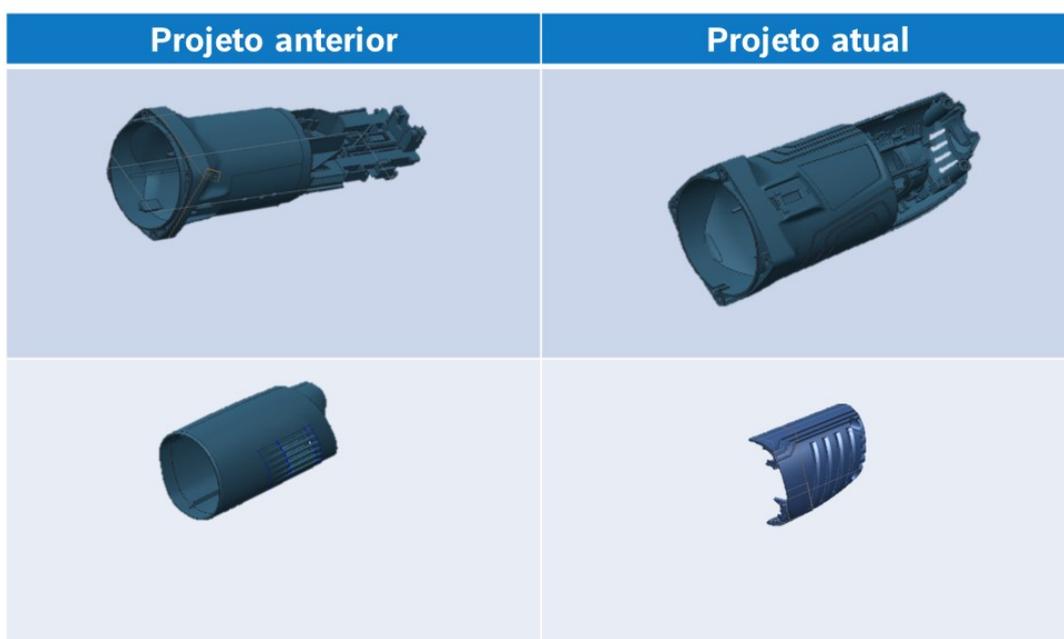


Figura 5 – Carcaça do motor da esmerilhadeira

Na figura 6 pode ser observado o novo conceito do mancal de alumínio, onde os principais benefícios podem ser destacados:

- Redução de peso de 181 gramas para 118 gramas, ou seja 35% mais leve; Com isto foi possível reduzir o consumo anual de alumínio em 20 ton.



Figura 6 – Mancal de alumínio da esmerilhadeira

Na figura 7 pode ser observado o novo conceito da flange do produto, onde os principais benefícios podem ser destacados:

- Redução de peso de 28 gramas para 20 gramas, ou seja 30% mais leve;



Figura 7 – Flange da esmerilhadeira

3. Resultado obtido com a furadeira de impacto de 13mm

Como resultado para o projeto da furadeira de impacto pode-se mencionar a redução de peso total do produto em 500 gramas, onde o produto anterior possuía 1,8 kg e o novo produto possui 1,3 kg, entregando ao usuário maior conforto no uso do produto gerando menos esforço no seu punho durante o processo de utilização do produto. Além disso, o produto atual se comparado ao seu modelo anterior possui a mesma potência declarada de 550W, ou seja, pode-se observar que mesmo com a redução da quantidade de matéria prima para se reduzir o peso o produto manteve sua capacidade produtiva, resultando em melhoria de eficiência do produto.

Outro tema que deve ser levado em consideração é a melhoria de ergonomia do produto, caso este relacionado ao dimensional total do produto, como a nova máquina é aproximadamente 7% menor, em comprimento, que o modelo anterior isto gera maior conforto no uso devido ao menor momento torçor gerado no punho do usuário.

Na figura 8 é possível observar os principais benefícios alcançados com este produto sendo que o detalhamento destes mesmos resultados será apresentado na sequencia deste material.

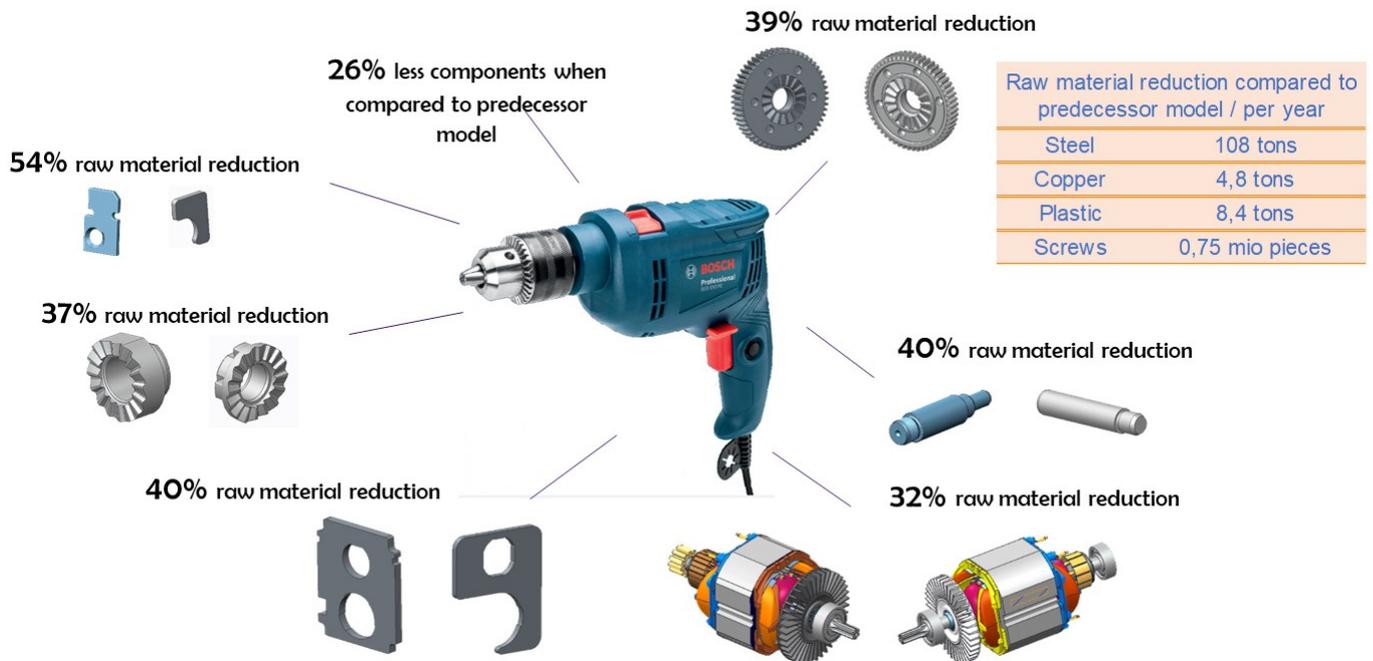


Figura 8 – benefícios obtidos no desenvolvimento da nova furadeira de impacto

Na figura 9 é apresentado o detalhamento interno dos produtos atual e anterior ao projeto. Durante o desenvolvimento do produto atual, foi possível reduzir a quantidade de componentes em 26%.

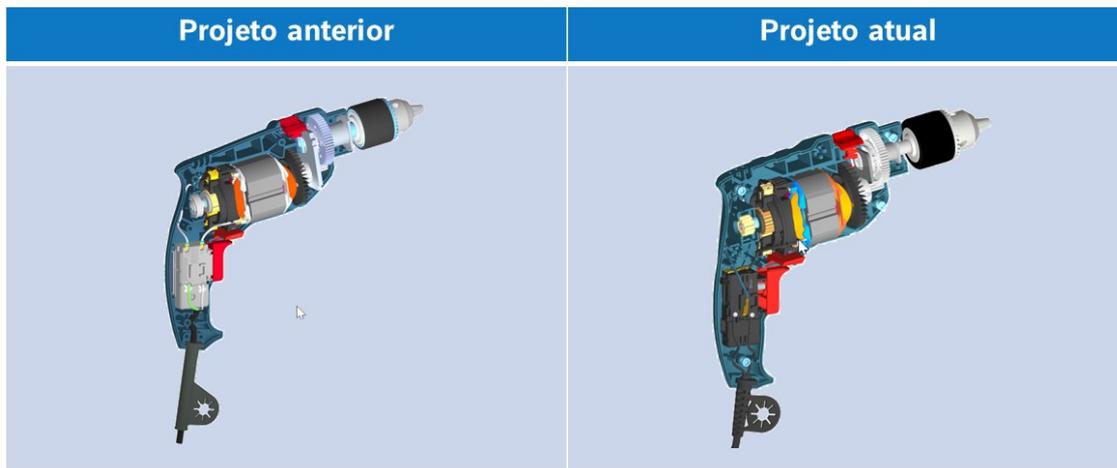


Figura 9 – Detalhes internos das furadeiras

Na figura 9 pode ser observado a comparação entre os conceitos de produto antecessor e o novo produto proposto pelo projeto. Além disso os seguintes benefícios podem ser destacados:

- Redução de dimensão de 284 para 263mm, ou seja 7% mais curta;
- Redução de quantidade de parafuso de 7 para 4, redução em 43%, com o uso de 3 fixadores plásticos integrados a carcaça que gerou uma patente para este projeto.

Na figura 10 pode-se observar os ganhos relativos as melhorias no motor do produto. Inicialmente optou-se por utilizar um motor com geometria de lamelas que pudesse trazer melhores resultados em termos de eficiência; com esta mudança foi possível utilizar um motor com tamanho de pacote menor, ou seja, reduzir o seu comprimento de 36,5 para 25mm – uma redução de 30% no comprimento, mantendo a sua potência (550W). Com esta modificação foi possível reduzir o peso do motor de 670 gramas para 544 gramas, representando uma redução anual do uso do aço em 37,8 toneladas e contribuindo para uma redução anual de 108 toneladas.

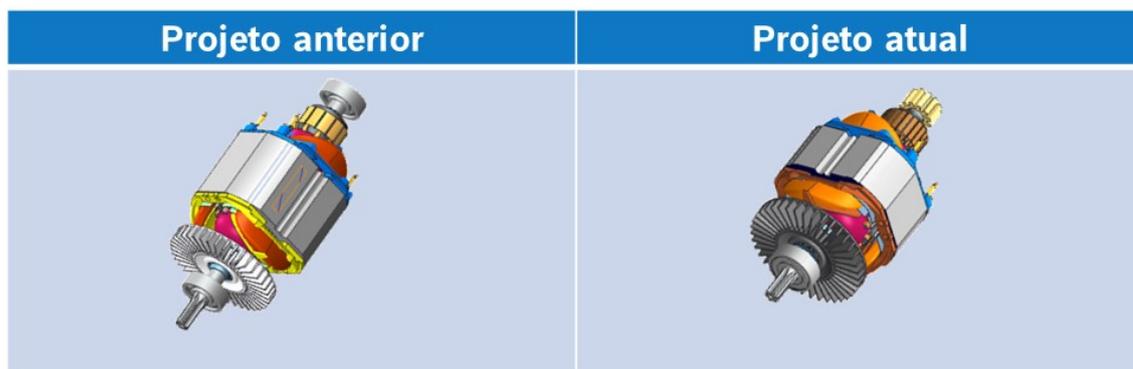


Figura 10 – Motores da furadeira de impacto

Na figura 11 pode-se observar os ganhos relativos as melhorias nos mancais principais do produto. Neste caso o produto anterior utilizava um mancal de aço com 4mm de espessura estampado, o conceito novo utiliza um mancal de aço com 2,5mm de espessura estampado; além de se remover o diâmetro de encaixe do rolamento do induzido fazendo com que se monte o motor com maior facilidade. Neste caso o mancal de com 4mm de espessura possuía 52 gramas e o mancal com 2,5mm possui 31 gramas, uma redução de 40% no peso do componente, que traz uma redução de consumo de matéria prima em 5,2 toneladas ano.



Figura 11 – Mancais da furadeira de impacto

Na figura 12 é apresentado a diferença dos conceitos dos fusos onde se monta o mandril para fixação das brocas. Observa-se que houve uma significativa simplificação do fuso, principalmente com relação ao processo de usinagem, fazendo-se com que haja menor perda de material durante a confecção deste componente. Além disso, houve uma redução no peso da peça, 12,5 % (40 gramas para 35 gramas), levando a uma redução no uso de aço em 1,5 toneladas por ano.

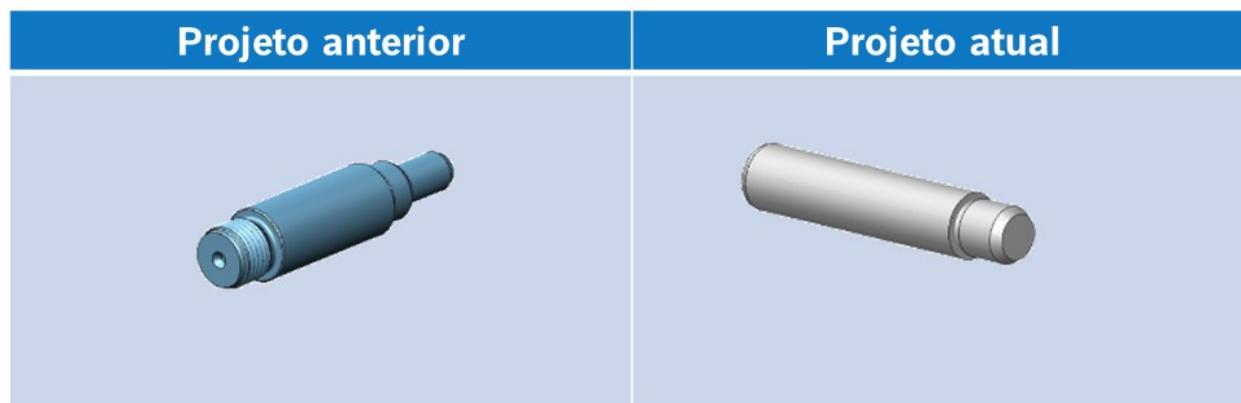


Figura 12 – Fusos da furadeira de impacto

Na figura 13 é apresentado o ganho de massa entre as engrenagens do projeto anterior e do projeto atual. Observa-se que houve redução de massa fazendo-se com que houvesse um ganho de 39% (de 124 gramas para 74 gramas) no componente novo, levando a uma redução no uso de aço em 12 toneladas por ano.



Figura 13 – Engrenagens da furadeira de impacto

CONCLUSÃO

Como conclusão para os projetos apresentados, obteve-se a redução anual do consumo de aço em 140 toneladas, 31,4 toneladas de plástico, 48 toneladas de cobre e 20 toneladas de alumínio, além disso reduziu-se o uso de parafusos em 0,75 milhões.

Além dos ganhos diretos em redução de material, nos parece que o indicador que acompanha com mais proximidade a complexidade da jornada de transformação pelo qual passam as matérias primas desde a mineração, passando pelas etapas de

processamento, uso, reuso, reciclagem e destinação ao fim de vida, é o chamado Embodied Energy, ou energia incorporada ao produto – que representa a quantidade de energia necessária nas etapas pelas quais o produto (ou serviço) sobre. Os ganhos podem ser observados na tabela 1 abaixo:

ENERGIA E MASSA	aço baixo carbono	poliamida PA6 GF35%	alumínio	parafusos*	TOTAL
Kg economizados	47.200	15.730	50.600	1.050	
EE min	29	121	200	29	
EE máx	35	135	240	35	
EE Média	32	128	220	32	
EEp Total (MJ)	1.510.400	2.013.440	11.132.000	33.600	
EE min	2,2	9,2	2,4	2,2	
EE máx	2,8	10	2,9	2,6	
EE Média	2,4	9,8	2,65	2,4	
EEc Total (MJ)	113.280	151.008	134.090	2.520	
EE Total (MJ)	1.623.680	2.164.448	11.266.090	36.120	15.090.338
CO2 min	2,2	5,5	11	2,2	
CO2 Máx	2,8	5,8	13	2,8	
CO2 média	2,5	5,55	12	2,5	
CO2 Total	118.000	87.302	607.200	2.625	
CO2c mín	0,18	0,74	0,14	0,18	
CO2c máx	0,21	0,81	0,17	0,21	
CO2c média	0,195	0,775	0,155	0,195	
CO2c Total	9.204	12.191	7.843	205	
CO2 Total (Kg)	127.204	99.492	615.043	2.830	844.569
H2O Mín	23	138	125	23	
H2O Máx	89	408	375	89	
H2o Média	48	272	250	48	
H2O Total (Its)	2.171.200	4.278.560	12.650.000	48.300	19.148.060
USD/ Kg mín	0,79	3,55	2,5	0,79	
USD/ Kg máx	0,8	3,91	2,8	0,9	
USD/ Kg média	0,845	3,73	2,65	0,845	
USD/ Kg Total	39.884	58.673	134.090	887	233.534

(*) 1 Paraf = 2 g

	aço baixo carbono	poliamida PA6 GF35%	alumínio	parafusos*	TOTAL
EE Total (MJ)	1.623.680	2.164.448	11.266.090	36.120	15.090.338
CO2 Total (Kg)	127.204	99.492	615.043	2.830	844.569
H2O Total (Its)	2.171.200	4.278.560	12.650.000	48.300	19.148.060
USD/ Kg Total	39.884	58.673	134.090	887	233.534

Tabela 1: ganhos com Embodie Energy, conforme Ashby, Michael F. Johnson

Como forma de compreender a convergência dos dados ambientais vide tabela 2 abaixo:

	Embodied energy, primary production			Water usage			Co2 footprint, primary production			Eco-indicator			Density Kg/M³
	MJ/Kg	MJ/M³	TREND	L/Kg	L/M³	TREND	Kg/Kg	Kg/M³	TREND	millipoint s/Kg	millipoint s/M³	TREND	
Ligas de zinco	434	2590163		350	2091250		4	20913		640	3824000		5975
Aço inox	81	635850	↑	224	1758400	↑	5	39643	↑	910	7143500	↑	7850
Ligas de Alumínio	220	594000	↑	250	675000	↑	12	32400	↑	780	2106000	↑	2700
Aço de baixo carbono	32	251200	↑	46	361100	↑	3	19625	↑	83	651550	↑	7850
PA	128	144640	↑	272	307360	↑	6	6272	↑	-	-	↑	1130
Phenolics	90	115776	↑	188	240640	↑	3	3808	↑	90	115776	↑	1280
PET	84	112711	↑	29	39610	↑	2	3134	↑	380	511100	↑	1345
Butyl Rubber	108	97825	↑	127	115934	↑	4	3549	↑	108	97825	↑	910
Natural Rubber	66	61050	↑	1750	1618750	↑	2	1434	↑	66	61050	↑	925
Soda-lime glass	16	38208	↑	21	50533	↑	1	2095	↑	16	38208	↑	2465

Tabela 2: Convergência dados ambientais, conforme Yoshiyasse, C.

Os resultados obtidos nos dois projetos demonstram que há uma busca pela racionalização no consumo de matérias primas, assim como a melhoria na eficiência dos produtos, buscando cada vez mais a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

- [1] **ABNT NBR IEC60745-1**. Ferramentas elétricas portáteis operadas a motor – segurança. Parte 1: requisitos gerais. Norma internacional de ferramentas elétricas industriais. Primeira edição 02.06.2009. Válida a partir de: 02.07.2009;
- [2] **Norma Regulamentadora Nº 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos – Disponível em :** <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-12-seguranca-no-trabalho-em-maquinas-e-equipamentos>. Acessado: 06/04/2018;
- [3] **ASHBY, Michael F.**; JOHNSON, Kara. Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011;
- [4] **YOSHIYASSE, C.**; Mascota, D.; Ferreira, H.; SERVOS, P.; BECKER, R. Avaliação energética do uso do CCA (Cinza de Casca de Arroz) como alternativa de carga mineral na produção de defletores de ar. Uma reflexão sobre o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. In Anais do Simpósio de SAE, 2012.

Todos os dados e relatórios de desenvolvimento de Produto encontram-se nos arquivos da Engenharia de Produto da divisão de ferramentas elétricas da Robert Bosch Ltda, em Campinas, estando disponível para futuras discussões.