

MANUFATURA DE CAPA DE PROTEÇÃO PARA TRANSMISSÃO CVT A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE DESCARTE DE ALUMÍNIO PARA UM VEÍCULO OFF-ROAD TIPO BAJA UTILIZANDO GABARITO VIA MODELAGEM POR IMPRESSÃO 3D

Athus Igor Castro Holanda¹, Amanda Lucena de Medeiros²

¹Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém/PA, Brasil. E-mail: athusholanda07@gmail.com

²Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém/PA, Brasil.

Resumo: O elemento alumínio é um dos mais abundantes encontrados na crosta terrestre, estando como terceiro lugar em escala enumerativa, propriedades deste como leveza, resistência à corrosão e reciclabilidade infinita, ampliam sua variabilidade de uso na fabricação e produção de diversos produtos, em diferentes processos, setores da economia e indústrias. O objetivo deste trabalho visa a manufatura da capa protetora de partes móveis do elemento de transmissão CVT de alumínio reaproveitado de descarte. Utilizar-se-á método de abordagem teórica com princípio experimental, priorizando-se primariamente a modelagem computacional, via software SolidWorks, da capa protetora, gerando-se um modelo 3D do gabarito a ser impresso e utilizado como base norteadora da estrutura a ser solidificada. Os resultados obtidos com a capa protetora, deram-se de maneira exitosa ao estar em conformidade com os requisitos e exigências levantados pelo regulamento administrativo e técnico da competição SAE Baja Brasil de 2023 e em consonância à NR 12 (proteção de partes móveis). Em suma, conclui-se que a partir deste modelo base de gabarito gerado por impressora 3D, contribuirá para uma solidificação bem-sucedida da capa protetora da transmissão CVT de alumínio reciclado com aparência física e variações dimensionais adequadas ao projeto e ao cumprimento de sua função de modo eficaz.

Palavras-chave: Elementos de Liga; Reciclagem de Alumínio; SAE Baja; Norma Regulamentadora 12.

INTRODUÇÃO

Há sete milênios, ceramistas da Pérsia já produziam seus vasos com um tipo de barro que continha óxido de alumínio, que hoje conhecemos como alumina. Trinta séculos mais tarde, egípcios e babilônios usaram uma outra substância contendo alumínio na fabricação de cosméticos e produtos medicinais. Sua cronologia mostra que, mesmo nas civilizações mais antigas, o metal dava um tom de modernidade e sofisticação aos mais diferentes artefatos. Não obstante, durante seus primeiros usos, nada se sabia sobre o metal na forma como o conhecemos hoje, já que o alumínio só começou a ser produzido comercialmente há cerca de 150 anos (ABAL - Associação Brasileira do Alumínio, [c2023]).

Deste modo, mostra-se que mesmo este elemento sendo o terceiro mais abundante no planeta, ainda sim não se sabia deste, como é conhecido hoje e muito menos que o metal puro não é encontrado naturalmente, sabe-se, portanto, que o processo

percorrido para se obter a sua forma atual é deveras longo. As características do alumínio permitem que ele tenha uma diversa gama de aplicações. Sendo o alumínio amplamente utilizado pela indústria de diversas maneiras. Tal versatilidade se deve às suas propriedades e excelente performance na maioria das aplicações. Suas técnicas de fabricação permitem a manufatura do produto acabado a preços competitivos. Cada segmento utiliza o metal na forma mais adequada às suas finalidades, de acordo com os diferenciais e propriedades de cada produto (SUZANTERM, [c2023]).

As ligas de alumínio, desde o início do século XX passaram a ser consumidas em larga escala nos setores da economia – secundário e terciário, majoritariamente – isso é devido a ampla aplicação destas ligas, ao qual podem ser submetidas em diferentes tipos de processos. Não obstante, ainda possuem uma propriedade diferencial, a reciclabilidade, conceito mais conhecido como vida infinita a partir do reaproveitamento desse material –



a reciclagem, propriamente dita – permitindo com que novas finalidades sejam aplicadas às ligas de alumínio após a perda de sua finalidade para o qual fora previamente delimitada.

O produto final gerado após o processo de fabricação advindo da produção do alumínio possui um prazo de validade, ou seja, uma vida útil, após este ficar obsoleto é necessário que a temática referente a reciclagem seja levada em questão, neste caso do alumínio, a reciclagem em si é de suma importância, entretanto para que esta ocorra, é necessário saber os pontos referentes a esta, tais como, a característica do material a ser reciclado (no qual, o alumínio possui alta reciclabilidade. Sendo assim, este pode ser reciclado infinitas vezes, sem que perca suas características físicas e químicas diferentemente de outros materiais), benefícios (são inúmeros, porém um dos principais se trata do cuidado com o meio ambiente ao passo que se obtém a transformação de um objeto obsoleto em um novo item) e as etapas (coleta do material a ser reciclado, limpeza deste e amontoamento em fardo, transporte para a usina de reciclagem, triagem, separação magnética e pneumática, forno de fusão, correção da insuficiência de composição química visando obter a especificação química desejada, por fim, o material é lingotado - ou mesmo líquido - é transportado para a etapa de fundição), sendo estas, as etapas pertencentes ao processo de reciclagem e seus benefícios (ESAB - Elektriska Svetsnings Aktie Bolaget, [c2023]).

De acordo com Rodrigues (2014), uma das principais características do alumínio é poder ser reciclado, já que após muitos anos de vida útil, com segurança e eficiência, o alumínio pode ser reaproveitado, recuperando-se uma parte significativa do investimento, com economia de energia, como no caso da lata de alumínio. Como consequência a ser obtida, de forma clara e objetiva, trata-se do meio ambiente em questão, pois é beneficiado através da redução de resíduos e economia de matérias-primas, propiciadas pela reciclagem.

O alumínio e suas ligas possuem destaque devido sua versatilidade, pois podem ser obtidos por quase todos os processos de fabricação conhecidos, indo desde os produtos fundidos até os conformados. O alumínio distingue-se em dois tipos, produtos padronizados e produtos de engenharia, em relação aos produtos padronizados incluem-se, folhas, barras, fios, vergalhões, chapas, tubos e formas estruturais de modo geral. No caso dos de engenharia, por sua vez, são aqueles que são projetados e aplicados com uso específico, sendo estes, perfis extrudados, forjados, fundidos, estampados, partes de metalurgia do pó, partes usinadas e compósitos de matriz metálicas (ASM HANDBOOK, 2004).

A produção do alumínio em si, depende de processos complexos e cruciais para o seu desenvolvimento, nos quais encontram-se a mineração (por onde ocorre o beneficiamento de minério, sendo obtida a bauxita e desta é retirada a alumina que por sua vez produz o mais conhecido alumínio), refinaria (onde ocorre a primeira etapa da transformação da bauxita em alumina calcinada, via procedimento bayer - o mais utilizado) e a redução (procedimento onde ocorre a transformação da alumina em alumínio metálico, e ao fim, obtém-se o metal líquido - alumínio primário - passando pela refusão via cadinhos, produzindo lingotes, placas e tarugos), sendo estes pertencentes aos processos de obtenção e produção (ESAB - Elektriska Svetsnings Aktie Bolaget, [c2023]).

A empregabilidade do alumínio em produtos de maneira isolada, isto é, sem a adição de outros elementos a sua matriz de origem, pode ser realizada somente para procedimentos que necessitem de alta pureza e concentração de alumínio, além de necessitar de propriedades mecânicas específicas tal como, baixa resistência mecânica, boa ductilidade e maleabilidade. O metal de alumínio é maleável e de cor prateada, dando origem a fios ou folhas finas. Já o alumínio puro é bem fraco, contudo, a liga de alumínio com pequenas quantidades de silício e ferro, torna-se duro e forte. Ele é um metal que resiste muito bem à corrosão, pois, quando fica exposto ao ar, uma película dura e resistente se forma em sua superfície (MINERAÇÃO BRASIL, 2021).

A adição de elementos de liga ao alumínio é o principal método usado para produzir uma seleção de diferentes materiais que podem ser usados em uma ampla variedade de aplicações estruturais. Existe uma gama de ligas de alumínio usadas no setor hoje, sendo mais de 400 ligas forjadas e mais de 200 ligas de fundição estão atualmente registradas na Aluminum Association. Existem algumas orientações gerais quanto ao tipo mais provável de alumínio utilizado em diferentes aplicações (ESAB - Elektriska Svetsnings Aktie Bolaget, [c2023]).

Maciel (2023) enaltece que para a introdução de elementos químicos em ligas do tipo alumínio, primariamente, deve-se ter em mente que, independentemente de qual elemento for adicionado, este será tido como impureza, ocasionando assim, efeitos sobre as propriedades do material (do tipo alumínio), sendo de suma importância fazer uma análise eficaz das possíveis consequências que poderão ser acarretadas ao se fazer uso de determinado elemento de liga, para que se tenha um resultado esperado.

A ligação de outros metais com o alumínio, pode acarretar melhoras nas propriedades mecânicas deste, a exemplo, do aumento da resistência à tração e à fadiga (causado pelos elementos como zinco,



magnésio e silício), melhoria da resistência à corrosão (ocasionado pelos elementos como cobre, magnésio e silício), aumento da dureza (proporcionado pelos elementos como silício, cobre e manganês), melhoria da soldabilidade (provocado pelos elementos como silício e manganês), melhoria da resistência ao desgaste (produzido pelos elementos como silício e boro) (ESAB – Elektriska Svetsnings Aktie Bolaget, [c2023]).

Em suma, a adição de elementos de liga ao alumínio modifica suas propriedades, variando conforme os elementos químicos adicionados e a finalidade para a qual será utilizada. Assim, há uma gama de possibilidades para combinar diferentes elementos em ligas de alumínio, gerando variados efeitos, com foco na aplicação específica da liga. Para a produção da capa de proteção da transmissão CVT, é essencial uma análise detalhada dos efeitos dos elementos combinados na liga, garantindo que a estrutura da capa ofereça a proteção necessária, ao passo em que se encontra de acordo com os requisitos da Norma Regulamentadora 12 sobre máquinas e equipamentos, especialmente no tópico "12.5 Sistemas de segurança" e seus respectivos incisos (conforme anexos), tal como, 12.5.1; 12.5.9 e 12.5.9.1. (GOV.BR - Governo Federal Brasileiro, [c2024]).

Deste modo, percebe-se que há uma necessidade de estudo neste âmbito, corroborando-se através desta motivação levantada nas etapas iniciais que não somente esta abordagem se torna uma pauta interessante de análise, mas também o enfoque relacionado a como a capa de proteção CVT adequa-se perfeitamente para aplicação de fins protetivos a vida, mas também a intempéries, assim como afirma Verastegui (*et al.*, 2020), afirmando que este elemento não somente é necessário para o intuito de proteger pessoas que possam estar próximas do CVT, mas também em proteger o próprio de possíveis impurezas. Sendo assim, a capa do CVT é um item obrigatório segundo o regulamento administrativo e técnico do Baja SAE Brasil, sendo este um dos principais critérios de análise desta pesquisa.

Justificativa

Este projeto de pesquisa surgiu mediante a necessidade de resolução de uma problemática repentina que surgira durante a elaboração do sistema de powertrain, subequipe técnica do projeto BAJAÇAÍ, cujo objetivo primordial do projeto visa a construção de um protótipo de veículo off-road do tipo baja, projetado e desenvolvido para a competição de SAE baja, onde ocorrerão provas específicas, sendo classificadas entre estáticas e dinâmicas, executadas em diferentes tipos de espaços e terrenos para se averiguar a integridade, robustez e

qualidade do veículo e de seu desempenho no decorrer das provas.

Contudo, para que seja realizada a devida construção dos subsistemas, e mais especificamente, aqueles pertencentes ao powertrain, faz-se necessário que todos os componentes estejam devidamente em conformidade ao regulamento da SAE BRASIL; deste modo, mediante as especificações, a transmissão CVT deverá possuir proteção de suas partes móveis durante a competição – além de estar em consonância à NR 12 (Máquinas e Equipamentos) – uma vez que ocorrendo seu funcionamento, não venha a ocasionar nenhum tipo de risco a saúde e integridade física de qualquer indivíduo durante a competição SAE Baja; apenas corroborando-se ao fato de que a capa protetora da transmissão CVT, torna-se eficaz não somente ao proteger os envolvidos que estiverem no entorno ou próximo a este elemento de transmissão, mas sim também na forma excelente de atuar como suporte protetivo contra as intempéries que venham ocasionalmente a trazer alguma espécie de dano a CVT, tal como, umidade do ar, água da chuva, areia, lama, entre outros.

Além disso, esta pesquisa possui como princípio o reaproveitamento de descarte de alumínio por ser uma problemática vigente e recorrente que acarreta muitos impasses ao laboratório do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Materiais (GPEMAT) por não possuir um sistema adequado de coleta e descarte deste tipo de material, sendo necessário a realização de parcerias e/ou vínculos com empresas que realizem o recebimento destes resíduos e os encaminhem para a devida reciclagem, tornando-se fundamental para a preservação ambiental em questão, a redução de resíduos e a economia de matéria-prima, propiciado pela reciclagem e, evitando-se assim, a geração de mais passivos prejudiciais ao meio ambiente e, consequentemente, maiores malefícios à Amazônia devido a exploração indevida desta, uma vez que uma nova finalidade esteja sendo atribuída a este material.

Dessa forma, portanto, este projeto se justifica ao passo que busca atender as exigências do regulamento e solucionar a problemática supracitada, visando assim, obter de maneira concreta uma proteção que seja eficaz em sua aplicação prática e cumpra a função para o qual foi projetado, podendo-se visualizar conforme Figura 1 a seguir, o local onde possivelmente será alojado.

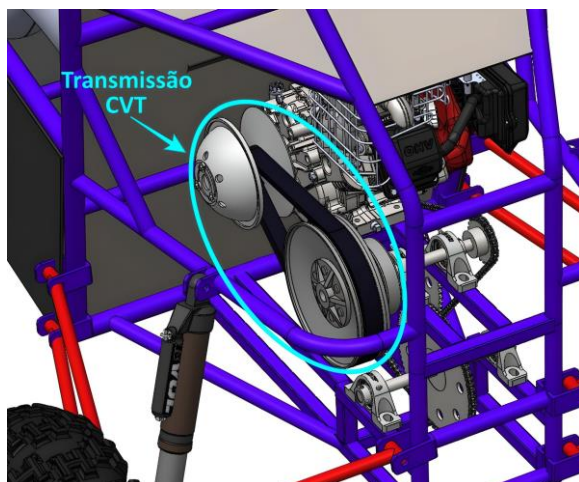


Figura 1. Vista isométrica da transmissão CVT e local indicado a ser acoplada a uma capota protetora.

Frente ao exposto, a presente pesquisa objetiva de modo geral a manufatura da capota protetora das partes móveis do elemento de transmissão CVT (Transmissão Continuamente Variável) a partir do reaproveitamento de descarte de alumínio doado pelo laboratório do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Materiais (GPEMAT), a fim de obter embasamentos que corroborem a viabilidade de utilização da capota protetora como elemento de proteção, em consonância a Norma Regulamentadora 12 referente a proteção de partes móveis, durante os testes e provas que serão realizados no decorrer da competição de Baja SAE BRASIL.

De posse da diretriz geral deste estudo e visando a obtenção do produto final almejado, faz-se necessário a existência de objetivos específicos como suporte a pesquisa:

Pesquisar sobre a temática em questão para que seja obtido embasamento teórico;

Planejar as etapas de execução do projeto e da fabricação da capota protetora da transmissão CVT;

Projetar via software CAD de desenho a geometria da capota protetora;

Realizar a manufatura dos moldes/gabaritos em impressora 3D para a fundição;

Analisar a viabilidade de fabricação da capota protetora via fundição no laboratório GPEMAT;

Analisar os resultados conseguidos;

Discutir os resultados obtidos;

Concluir por meio dos resultados a relevância do projeto e se fora alcançado o que havia sido previamente determinado.

MATERIAL E MÉTODOS

Frente ao exposto e considerando a importância e a pertinência da pesquisa, este projeto dispõe de recursos metodológicos, tanto dos materiais a serem utilizados, quanto das atividades, visando um melhor desenvolvimento do mesmo, apresentando metodologia com caráter de cunho prático, conforme a seguir.

Material

Com relação ao levantamento de material realizado, objetivar-se-á saber o quantitativo necessário para se realizar a fundição da capota protetora da transmissão CVT, os materiais/ferramentas a serem utilizados, são listados conforme a seguir.

Software CAD SolidWorks para modelagem do gabarito 3D;

Filamento de impressora 3D.

Metodologia

A metodologia para a avaliação da capota de proteção do elemento de transmissão CVT da equipe Bajaçaí fora iniciado com a modelagem 3D no software CAD SolidWorks. Este processo foi realizado seguindo-se as exigências estabelecidas pelo regulamento administrativo e técnico da competição SAE Baja Brasil de 2023 (SAE Brasil, 2023). Posteriormente, prosseguiu-se para a finalização da modelagem CAD, convertendo-se para o tipo de material a ser trabalhado nesse elemento, no caso, alumínio, obtendo-se assim, a capota protetora da CVT.

Após conclusão da modelagem da capota de proteção da transmissão CVT utilizando o software CAD SolidWorks, avançou-se para a análise dos resultados obtidos, avaliando-se a adaptação dimensional e visual da capota à transmissão CVT e ao sistema de powertrain como um todo, verificando se esta se encaixara adequadamente no local escolhido para ser acoplada. Além disso, verificou-se se não houve problemas de compactação excessiva no espaço, garantindo que os componentes não estejam nem muito distantes para evitar futuros desbalanceamentos dinâmicos no veículo, nem muito próximos para evitar o aumento excessivo da temperatura e da geração de possíveis danos permanentes devido ao grau elevado de energia térmica associada ao sistema de modo geral, tal como, ocasionado por atrito.

RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÃO

Avaliação dimensional e visual da capota de proteção

Analisando os resultados dimensionais obtidos da modelagem feita via SolidWorks da capa da transmissão CVT em vistas ortogonais, conforme mostrado na Figura 2 abaixo, observa-se que o comprimento total de 520,04 mm da capa protetora apresenta uma dimensão visual adequada e compatível com a estrutura da transmissão continuamente variável (CVT), conforme proposto.

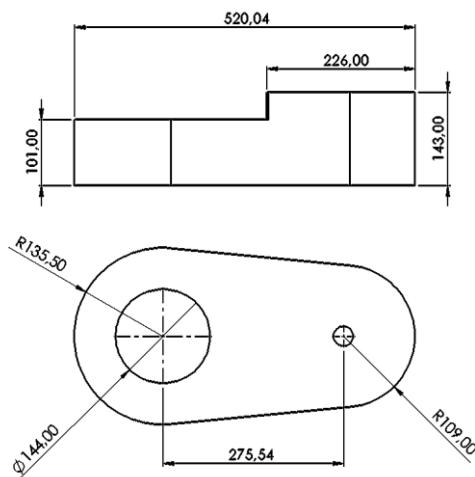


Figura 2. Dimensões da capa da transmissão CVT em vistas ortogonais.

Analisando os resultados de modo visual a partir da modelagem da capa da transmissão CVT em sua vista superior (a), vista isométrica frontal (b) e vista isométrica traseira (c), conforme Figura 3 a seguir, observa-se que a estrutura desta capa protetora apresenta uma dimensão visual adequada e moldada conforme a dimensão estrutural da transmissão continuamente variável (CVT), mostrando-se estar aceitável para o qual fora proposto.

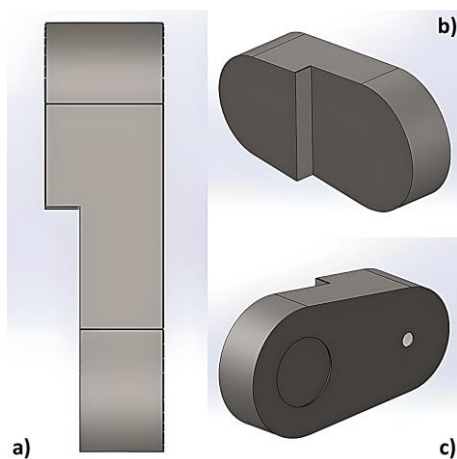


Figura 3. Capa da transmissão CVT em vistas superior a), isométricas frontal b) e traseira c).

Avaliação dimensional e visual da capa de proteção acoplada ao sistema do powertrain

Em relação à análise de validação da dimensão visual da capa de proteção da CVT acoplada ao sistema do powertrain, demonstrando possuir uso adequado do espaço, pode-se observar conforme Figura 4 a seguir. É possível perceber que a estrutura desta capa protetora desenhada via SolidWorks apresenta construção adaptada especificamente para a dimensão estrutural da transmissão CVT, mostrando-se estar dentro da tolerância para a qual fora projetada.

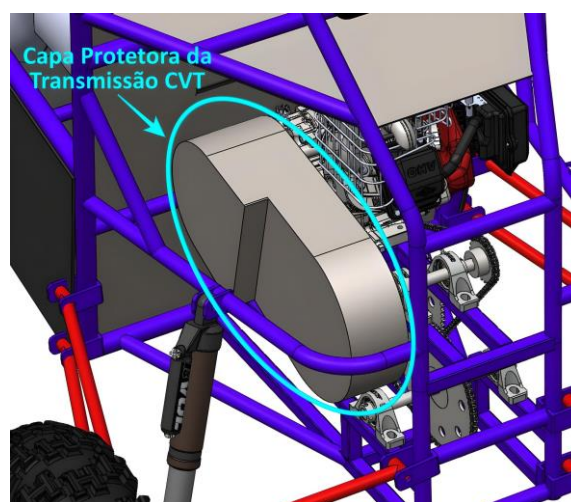


Figura 4. Vista isométrica frontal da capa da transmissão continuamente variável (CVT).

O regulamento administrativo e técnico da competição Baja SAE Brasil de 2023 apresenta restrições bem delimitadas quanto ao comprimento máximo do veículo, não devendo este ultrapassar 2,74 m de sua dimensão longitudinal. Isso implica dizer que o comprimento da capa obtida está em consonância ao regulamento supracitado, uma vez que não altera de modo significativo a dimensão final do veículo, acima do permitido.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados mediante as análises, apontaram que tanto a avaliação visual em perspectivas diferentes da capa protetora quanto a sua adequação ao espaço designado, mostraram-se consistentes em termos dimensionais, garantindo o tamanho adequado da capa acoplada ao elemento de transmissão CVT do sistema de powertrain, resultando em uma capa protetora com aparência física satisfatória e variações dimensionais



adequadas, proporcionando uma margem mínima de segurança e robustez ao projeto para enfrentar as condições exigentes das provas.

Além disso, esta capa buscará cumprir de forma eficaz sua função de proteção dos indivíduos próximos ao elemento transmissor de movimento, ao mesmo tempo em que protege a transmissão CVT contra intempéries, conforme exigido pelos regulamentos administrativos e técnicos da competição Baja SAE Brasil 2023 e em consonância aos requisitos da Norma Regulamentadora 12 referente a máquinas e equipamentos, ressaltados no tópico “12.5 Sistemas de segurança”, e destacados os incisos 12.5.1; 12.5.9 e 12.5.9.1, conforme em anexos.

Com base nisso, é possível concluir que a capa protetora das partes móveis do elemento de transmissão CVT, fabricada a partir de alumínio reciclado proveniente de descarte e utilizando-se o modelo de gabarito gerado por impressão 3D, contribuirá para uma solidificação bem-sucedida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primariamente à Deus por me capacitar e conceder-me a luz da sabedoria, primordial para o desenvolvimento deste trabalho científico. Abarcam-se também neste agradecimento a cada um dos envolvidos ao projeto BAJAÇAÍ, em especial ao capitão da equipe Yoshi Tsugawa, incluindo também, a cada um dos integrantes pertencentes aos seus respectivos laboratórios localizados na Faculdade de Engenharia Mecânica (LABEM/FEM) na Universidade Federal do Pará (UFPA – Campus Belém), auxiliando com dedicação e amizade, nas etapas dos processos que foram realizados dentro destes, em especial ao Laboratório de Metalografia e Tratamentos Térmicos do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Materiais (GPEMAT), bem como, ao Grupo de Estudos em Tecnologia da Soldagem (GETSOLDA), permitindo apresentar um melhor aprendizado ao longo desta pesquisa, agradecendo-se também, por fim, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPA – Campus Belém) no trabalho conjunto de orientar-nos e dar todo o suporte necessário, desempenhando tal função com muito afinho e atenção a cada atividade e passo efetuados.

REFERÊNCIAS

ABAL - Associação Brasileira do Alumínio, [c2023]. Alumínio: História do alumínio. Disponível em: <https://abal.org.br/aluminio/historia-do-aluminio/>. Acesso em: 31 de Janeiro de 2023.

ASM HANDBOOK, 2004. Volume 9: Metallography and Microstructures. ASM International

(American Society for Metals), Materials Park, Ohio, USA, 2004.

ESAB - Elektriska Svetsnings Aktie Bolaget, [c2023]. Como e por que elementos de liga são adicionados ao alumínio. Disponível em: [https://esab.com/br/sam_pt/esab-university/articles/how-and-why-alloying-elements-are-added-to-aluminum/#:~:text=Sil%C3%ADcio%20\(Si\)%204xxx%20%E2%80%93%20A](https://esab.com/br/sam_pt/esab-university/articles/how-and-why-alloying-elements-are-added-to-aluminum/#:~:text=Sil%C3%ADcio%20(Si)%204xxx%20%E2%80%93%20A). Acesso em: 31 de Janeiro de 2023.

GOV.BR - Governo Federal Brasileiro, [c2024]. NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-12-atualizada-2024.pdf>. Acesso em: 07 de maio de 2024.

MACIEL, A. C. da C. Análise da usinabilidade de uma liga al-8,0%cu por avaliação conjunta de três critérios. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Pará, Belém, 67 p., 2023.

MINERAÇÃO BRASIL, 2021. Indústria do alumínio: o mineral que figura no mercado de forma competitiva, inovadora, sustentável e integrada. Disponível em: <https://mineracao brasil.com/industria-do-aluminio-o-mineral-que-figura-no-mercado-de-forma-competitiva-inovadora-sustentavel-e-integrada/>. Acesso em: 31 de Janeiro de 2023.

RODRIGUES, G. C. A utilização do alumínio na construção naval. Rio de Janeiro, 2014, 75p.

SAE Brasil. Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil - Emenda 5. Disponível em: http://arquivos.saebrasil.org.br/2023/Baja/RATB_SB_emenda_05.pdf. Acesso em: 06 de maio de 2024.

SUZANTERM, [c2023]. Alumínio liso. Disponível em: <https://suzanterm.com.br/exibeProdutos.php?id=3>. Acesso em: 1 de fevereiro de 2023.

VERASTEGUI, R. N., *et al.* Viabilidade da proteção do CVT em material compósito em um protótipo Baja. X Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR. Disponível em: https://portaldeinformacao.utfpr.edu.br/Record/oa_i:ocs.200.19.73.15:paper-7619/Description#tabnav. Acesso em: 3 de maio de 2024.



ANEXOS

12.5 Sistemas de segurança.

12.5.1 As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardec proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

Anexo 1. Norma Regulamentadora 12, tópico 12.5, inciso 12.5.1.

12.5.9 As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, desde que ofereçam risco, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.

12.5.9.1 Quando utilizadas proteções móveis para o enclausuramento de transmissões de força que possuam inércia, devem ser utilizados dispositivos de intertravamento com bloqueio.

Anexo 2. Norma Regulamentadora 12, tópico 12.5, incisos 12.5.9 e 12.5.9.1.