



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP

Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira

Curso de Engenharia Elétrica

Luiz Antonio Melaninho Cruz

**REGIONALIZAÇÃO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA DE MÉDIA TENSÃO
EM PAINÉIS: ESTUDO DE CASO**

Ilha Solteira – SP

Agosto de 2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha
Solteira Curso de Engenharia Elétrica

REGIONALIZAÇÃO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA DE MÉDIA TENSÃO EM PAINÉIS: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia do Câmpus de Ilha
Solteira – UNESP, como parte dos requisitos
para obtenção do grau do Engenheiro
Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Ércio Roberto Proença

Ilha Solteira – SP
Agosto de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C957r Cruz, Luiz Antonio Melaninho.
Regionalização de inversores de frequência de média tensão em painéis:
estudo de caso / Luiz Antonio Melaninho Cruz. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
67 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: Ércio Roberto Proença
Inclui bibliografia

1. Acionamentos de motores elétricos. 2. O Mercado para os inversores de
frequência. .



Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar o meu caminho, minhas decisões e por estar sempre comigo.

Aos meus pais, por terem me dado força e sustentabilidade financeira para que eu alcançasse meus sonhos, em especial ao meu pai por todos os auxílios e ensinamentos, por sempre ser um grande exemplo de homem em minha vida.

Aos meus irmãos e minha família, que com seu amor incondicional sempre estiveram ao meu lado, incentivando-me e dispostos a me ajudar nas horas mais difíceis.

A minha namorada que sempre esteve ao meu lado, com seu amor e carinho, amparando-me nas horas difíceis.

A todos os meus parceiros da Siemens Infraestrutura e Indústria, pelo apoio e durante esse último ano. Em especial, a Anna Haydee Sayuri Jordan que sem sua paciência e explicações não seria possível a realização desse trabalho.

Aos meus amigos, pela força, torcida, amizade e companheirismo que marcaram todos os meus anos em Ilha Solteira.

A todos os professores da UNESP pelas valiosas orientações e ensinamentos, em especial ao professor Ércio Roberto Proença por aceitar o tema proposto e permitir que este trabalho acontecesse.

Resumo

Com o intuito de entender os motivos que levam uma empresa multinacional a adotar um modelo de negócio, baseado na importação e revenda ou na fabricação em território nacional, este trabalho foi realizado utilizando a metodologia conhecida como estudo de caso. O caso estudado se trata de um estudo feito por uma empresa multinacional, já consolidada no mercado, com experiência de cento e cinquenta anos atuando no Brasil.

O presente trabalho levantou pontos analisados pela empresa para verificar a viabilidade de criar uma fábrica de inversores de frequência de média tensão no Brasil, para assim, diminuir os custos, prazo de entrega e tornar os produtos mais atrativo no mercado da América do Sul. Esses pontos foram levantados utilizando o trabalho: “Condições de importação de equipamentos de mini & microgeração distribuída fotovoltaica no Brasil”, do autor Roberto Devienne Filho. Com base no trabalho de Devienne Filho foi possível fazer uma comparação dos prazos e custos gerados pela importação com o custo da fabricação nacional. Apesar de mostrado a diminuição no prazo e custo de se produzir no Brasil, em razão da falta de conhecimento da indústria nacional em fabricar chips e semicondutores mostrou-se inviável mudar para o modelo de produção nacional.

Palavras-chave: Importação e Revenda, Inversores de Frequência, Fabricação Nacional.

Abstract

In order to understand the reasons that lead a multinational company to adopt a business model, based on import and resale or manufacturing in the national territory, this work was carried out using the methodology known as case study. The case studied is a study carried out by a multinational company, already consolidated in the market, with an experience of one hundred and fifty years operating in Brazil.

The present work forms points for the company to verify the feasibility of creating a medium voltage frequency inverter factory in Brazil, in order to reduce costs, delivery time and make the products more attractive in the South American market. were raised using the work: “Import conditions for distributed photovoltaic mini & microgeneration equipment in Brazil”, by author Roberto Devienne Filho. Based on the work of Devienne Filho, it was possible to compare the terms and cost generated by imports with the cost of domestic manufacturing. Despite reducing the reduction in terms and costs of producing in Brazil, due to the lack of knowledge of the national industry in manufacturing chips and known semiconductors, it is not feasible to switch to the national production model.

Key words: Import and Resale, Frequency Inverters, Domestic Manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de blocos do funcionamento da tensão vinda da rede elétrica dentro de um inversor de frequência até chegar ao motor trifásico.....	13
Figura 2 – Mostra os blocos de retificação, circuito intermediário, inversor e circuito de controle ilustrados com mais detalhes.	13
Figura 3 – Tensão proveniente da rede alternada trifásica que entra em uma ponte retificadora e a tensão na saída da ponte retificadora.	14
Figura 4 – Elo CC de corrente contínua ajustável.	16
Figura 5 – Bloco inversor básico (monofásico)	17
Figura 6 – Inversor monofásico comutando os transistores T1 e T4, e em sequência os transistores T2 e T3.....	18
Figura 7 – Frequência de controle variável com um inversor de frequência:	19
Figura 8 – Geração do PWM pela combinação das ondas senoidal com triangular.	20
Figura 9 – Sinal de saída do gerador PWM.	20
Figura 10 – Acionamento dos IGBTs no circuito do inversor.	21
Figura 11 – Formas de onda de tensão e corrente na saída do inversor de frequência.....	22
Figura 12 Formas de onda para diferentes frequências de chaveamento.	22
Figura 13 – Gráfico tensão x frequência no controle escalar.	24
Figura 14 – Diagrama de blocos para controle escalar.....	25
Figura 15 – Diagrama de blocos para controle vetorial em malha aberta (sensorless).	26
Figura 16 – Diagrama de blocos para controle vetorial.....	27
Figura 17 – Exemplo de lógica utilizada por uma ferramenta de seleção de inversor de frequência.	29
Figura 18 – Exemplo de inversores de frequência atuais.	30
Figura 19 – Exemplo de inversores em painel.	30
Figura 20 – Exemplo de inversores de alta tensão.....	31
Figura 21 – Unidade de controle.	32
Figura 22 IHM touchscreen.	32
Figura 23 – Inversor em painel de média tensão	33
Figura 24 – Planta de dessalinização de Caucaia no Ceará	35

Figura 25 – Mapa do gasoduto em operação na América do Sul.....	36
Figura 26 – Plataforma da Petrobras	38
Figura 27 – CCM dedicado para usinas de açúcar, etanol e energia.....	40
Figura 28 – Máquina de papel	41
Figura 29 – Esteira transportadora em mineradora	41
Figura 30 – Fluxograma que sistematiza o processo para a importação de mercadorias ou bens para o Brasil, destacando as fases administrativa e fiscal (aduaneira)	47
Figura 31 – Explicação do código NCM.....	49
Figura 32 – Tabelas de impostos incidentes de acordo com a NCM	Erro! Indicador não definido.
Figura 33 – Tabela do ICMS aplicado aos inversores de frequência no estado de São Paulo ..	Erro! Indicador não definido.
Figura 34 – Painel de média tensão com destaque para seu inversor de frequência	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OJETIVO.....	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Acionamentos de motores elétricos	12
3.2 Princípios de funcionamento dos inversores de frequência.....	13
3.2.1 Retificador	14
3.2.2 Elo CC (link DC).....	15
3.2.3 Bloco inversor.....	16
3.2.4 Controle de chaveamento	18
3.3 Modulação por largura de pulso (PWM)	20
3.4 Classificação dos inversores de frequência	23
3.4.1 Conversor escalar.....	23
3.4.2 Conversor vetorial	25
3.4.3 Conversor vetorial malha aberta (sensorless)	25
3.4.4 Conversor vetorial com realimentação	26
3.4.5 Classificação por faixa de tensão.....	27
3.4.6 Dimensionamentos e características	29
3.4.7 Blocos componentes do inversor de frequência	31
3.4.7.1 Unidade central de processamento (CPU).....	31
3.4.7.2 Interface homem/máquina (IHM).....	32
3.4.7.3 Interfaces.....	33
3.4.7.4 Etapa de potência	33
3.5 O mercado para os inversores de frequência	33
3.5.1 Água & saneamento.....	34
3.5.2 Óleo e gás	36
3.5.2 Açúcar e álcool	38
3.5.3 Máquinas de fabricação de papel e prensas.....	40
3.5.4 Mineração	41
3.5.5 Outros Mercados.....	42
3.6 Produção nacional.....	42
3.6.1 Medidas protecionistas: Lei do similar nacional.	44
3.7 Importação	44

3.6.1 Glossário	48
3.6.2 Impostos de produtos importados	50
3.6.2.1 II (imposto de importação)	50
3.6.2.2 IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados)	50
3.6.2.3 ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços)	51
3.6.2.4 PIS (programa de integração social) e COFINS (contribuição para o financiamento da seguridade social)	52
3.6.2.5 ISS (Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza)	53
3.6.2.6 IOF – Imposto sobre Operações de Financeira.....	53
3.6.2.7 AFRMM	53
4 METODOLOGIA.....	54
4.1 Fonte de Dados	54
4.2 Técnicas de pesquisa.....	54
4.3 Caracterização da empresa	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
5.1 Importação do Inversores de Frequência.....	56
5.2 Custos referentes a impostos da venda de inversor de frequência nacional	58
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
Referências	63

1 INTRODUÇÃO

Primeiramente temos que definir o que é um motor elétrico antes de falar do inversor de frequência.

Podemos descrever o motor elétrico como um dispositivo desenvolvido com a finalidade de converter energia elétrica em energia mecânica, de modo que ela possa ser utilizada para a operação de diversos equipamentos, como máquinas, carros e turbinas (SALES,2020).

Os motores elétricos são importantes para os processos industriais. Seu uso se dá, por exemplo, em ventiladores, bombas hidráulicas e compressores de ar, com o propósito de converter a energia elétrica em mecânica. Não é exagero dizer que eles são responsáveis por movimentar a indústria (WEG, 2019).

O inversor de frequência tem como principal função alterar a frequência da rede que alimenta o motor, fazendo com que o motor siga frequências diferentes das fornecidas pela rede, que é sempre constante. Desta forma podemos facilmente alterar a velocidade de rotação do motor de modo muito eficiente.

O uso de inversores de frequência é responsável por uma série de vantagens, dependendo dos modelos oferecidos pelos fabricantes, são unidas a capacidade de variar a velocidade com controles especiais já implantados no equipamento. Esses controles proporcionam além da total flexibilidade de controle de velocidade sem grande perda de torque do motor, aceleração suave através de programação, frenagem direta no motor sem a necessidade de freios mecânicos além de diversas formas de controles preferenciais e controles externos que podem ser até por meio de redes de comunicação. Tudo isso com excelente precisão de movimentos.

Além destas vantagens, os inversores ainda possuem excelente custo-benefício, pois proporcionam economia de energia elétrica, maior durabilidade de engrenagens, polias e outras transmissões mecânicas por acelerar suavemente a velocidade.

A possibilidade de eliminar reduções mecânicas do projeto também é possível, assim mais economia será possível (DESTERRO, 2019).

Visto a função de um inversor de frequência, vamos falar do que motivou a empresa multinacional a analisar a possibilidade da nacionalização da produção. A empresa constatou que um fabricante nacional trabalha com preços inalcançáveis utilizando o modelo de negócio de

importação e revenda. Por esse motivo a empresa quis analisar a possibilidade de adotar o mesmo modelo de negócio do concorrente.

2 OJETIVO

Este trabalho teve como objetivo estudar os pontos positivos e negativos que foram considerados na análise da viabilidade de alterar o modelo de negócio de uma empresa de engenharia de grande porte.

O modelo de negócio baseado na importação e revenda para todo o mercado da América do Sul possui pontos negativos comparando a concorrentes que fabricam no Brasil; isso motivou que esse estudo ocorresse dentro da empresa, se aprofundando nesses pontos pode-se entender melhor alguns processos e entender o a motivação da empresa pela decisão tomada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Acionamentos de motores elétricos

Existem vários tipos de acionamentos de motores elétricos, o mais novo e tecnológico é o inversor de frequência, objeto desse estudo.

Com o aumento da exigência por parte das indústrias que necessitam cada vez mais de processos produtivos eficientes, o controle de velocidade de motores ficou mais importante, e a forma de como variar e controlar a velocidade de motores elétricos tem sido mudada de forma a atender melhor o mercado. Atualmente os motores de indução trifásicos (MIT) predominam no mercado e, com a introdução dos inversores de frequência, as restrições a seu uso se tornaram menores a ponto de poderem ser utilizados em quase todas as aplicações. Assim, os modelos antigos, que usavam motores assíncronos de rotor bobinado, variadores eletromagnéticos e motores de corrente contínua, devido ao alto custo de manutenção têm sido substituído com sucesso por um conjunto MIT / inversor de frequência (RODRIGUES, 2010).

Tendo em vista que a velocidade de um motor de indução é definida da seguinte forma:

$$\omega_r = \frac{120 * f(1 - s)}{P}$$

Onde: P = Números de polos;

ω_r = velocidade de rotação mecânica (rpm);

s = Escorregamento;

f = Frequência fundamental da tensão de alimentação (Hz).

Analisando a equação da velocidade angular do motor, podemos concluir que a maneira mais eficaz de controlar a velocidade é através da variação da frequência, pois o número de polos é uma característica da construção de cada motor e mais difícil de ser alterada. Assim a utilização de inversores de frequência atualmente corresponde ao método mais eficiente para controlar a velocidade dos motores de indução trifásicos.

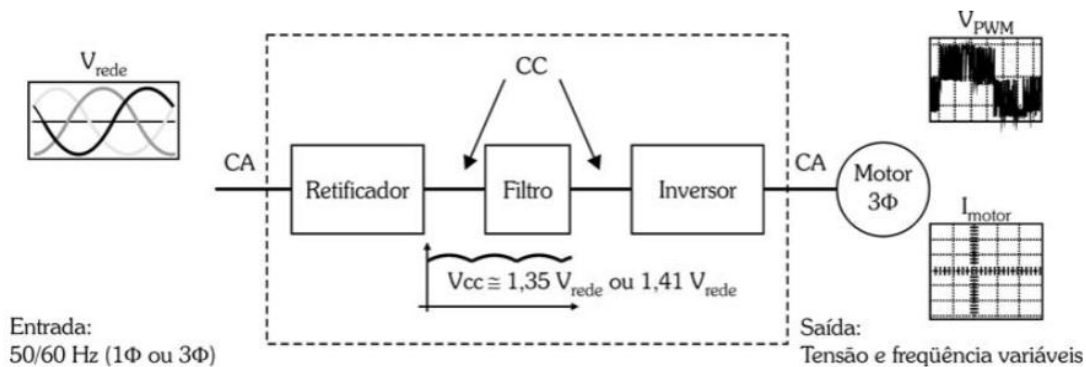
3.2 Princípios de funcionamento dos inversores de frequência

No princípio de seu surgimento, os inversores eram compostos de tiristores, porém com o avanço da tecnologia estes vem sendo substituídos por transistores de alta frequência que fazem um chaveamento muito mais rápido. Dependendo do tipo de semicondutor, a frequência de chaveamento pode chegar até 20 kHz (PERPÉTUO, 2008).

O inversor de frequência possui vários estágios em seu funcionamento. O primeiro estágio é o de retificação de entrada, o segundo é o tipo de controle do circuito intermediário e o terceiro é o bloco inversor (FRANCHI, 2010).

Na Figura 1 apresenta-se um diagrama de blocos do funcionamento da tensão vinda da rede elétrica dentro de um inversor de frequência até chegar ao motor trifásico.

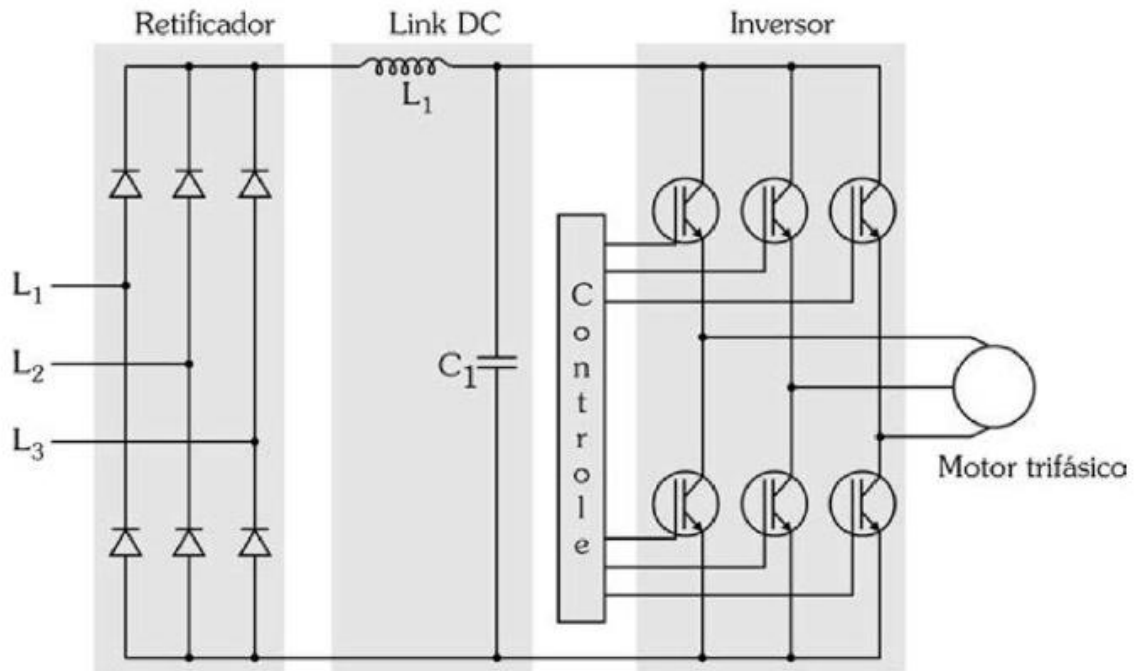
Figura 1 – Diagrama de blocos da tensão em um inversor de frequência.



Fonte: FRANCHI (2010).

Na Figura 2, os blocos de retificação, circuito intermediário, inversor e circuito de controle são mostrados com mais detalhes.

Figura 2 – Destalhes de um inversor de frequência



Fonte: FRANCHI (2010).

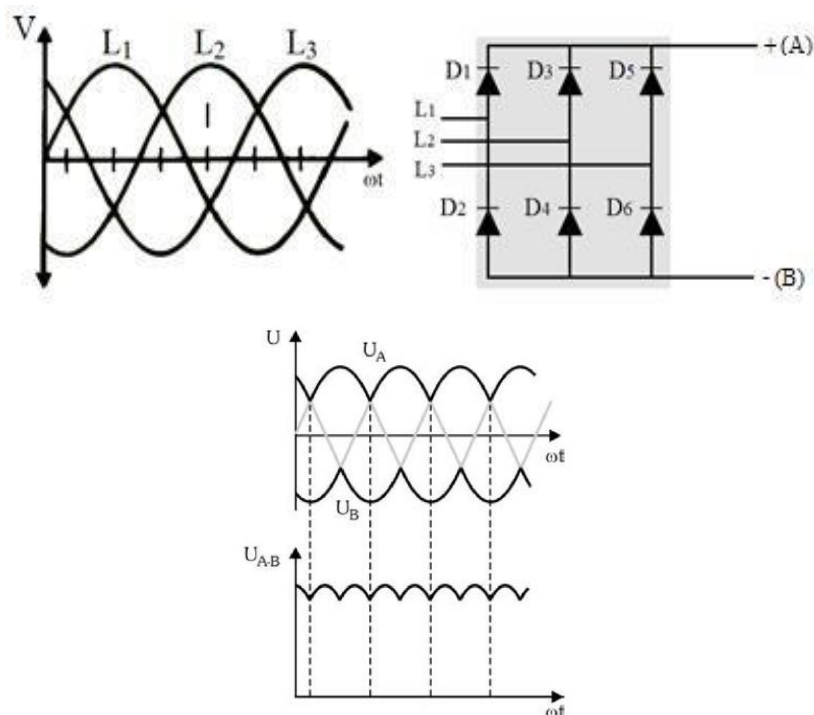
3.2.1 Retificador

O primeiro estágio é responsável pela retificação do sinal alternado que possui tensão e frequência constantes provenientes da rede de alimentação. Na rede de entrada, a frequência é fixa em 60 Hz, sendo transformada pelo retificador em contínua (retificador de onda completa). O filtro transforma essa tensão em contínua com valor de aproximadamente: (FRANCHI, 2010).

$$V_{cc} = 1,41 \times V_{rede}$$

Na Figura 3, são apresentadas as tensões provenientes de rede alternada trifásica que entra em uma ponte de retificadora e a tensão na saída da ponte retificadora.

Figura 3 – Tensão proveniente da rede alternada trifásica que entra em uma ponte retificadora e a tensão na saída da ponte retificadora.



Fonte: FRANCHI (2010).

Assim, após passar pelas pontes de diodo, a tensão nas fases é contínua pulsante.

O próximo estágio do sistema é o barramento de corrente contínua, em que existem capacitores de filtro em paralelo e uma indutância em série, responsáveis por filtrar o sinal pulsante.

Assim, o sinal pulsante torna-se contínuo, com uma ondulação mínima. Por conta da transformação de corrente alternada para contínua, o valor da tensão elétrica no sinal contínuo equivale a aproximadamente a multiplicação de raiz de dois pela tensão RMS em corrente alternada.

3.2.2 Elo CC (link DC)

O circuito intermediário é o responsável por receber a tensão retificada, armazená-la e disponibilizá-la para a próxima parte do processo. Essa parte também é responsável pela troca de reativo entre o inversor e motor em momentos de sobre conjugado (TOMAZZI, 2018).

Depois de ser retificada a tensão de entrada são necessários filtros porque o efeito da retificação não proporciona uma onda “lisa”, sem variações. Isso é necessário devido à grande precisão que se deve ter na entrada do estágio inversor. O elo CC, também chamado de circuito intermediário, pode ser comparado a um armazenador, pois é dele que o motor, através do estágio inversor, retira a energia necessária para seu funcionamento. E isto é possível de acordo com alguns princípios de construção do filtro e dependendo também do tipo de retificador e estágio inversor usados. Para inversores de corrente imposta, onde é usado o retificador controlado a tiristor, o elo CC consiste em um grande indutor. Este indutor associado a fonte de tensão ajustável que vem do retificador resulta numa corrente contínua lisa de amplitude ajustável. Nestes casos são as cargas que determinam a tensão que será entregue ao motor (PERPÉTUO, 2011).

Na Figura 4, são apresentadas as formas de onda da tensão e corrente de elo CC

Figura 4 – Elo CC de corrente contínua ajustável.



Fonte: (PERPÉTUO, 2011).

3.2.3 Bloco inversor

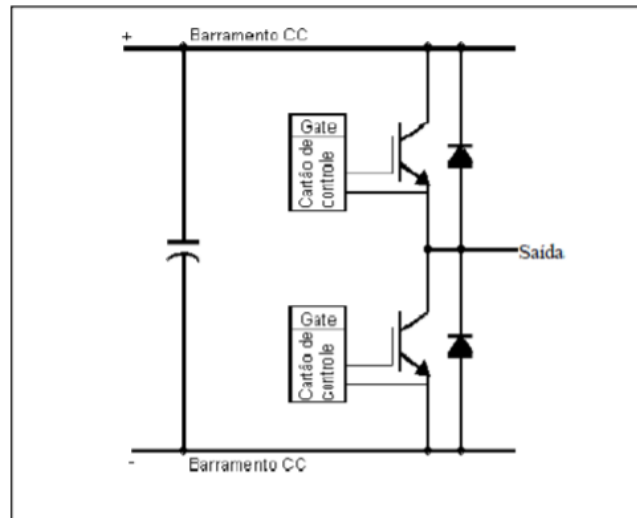
Este é o último estágio em um inversor de frequência, onde ocorre a elaboração através de chaveamentos dos semicondutores da tensão de saída para o acionamento do motor. Como visto anteriormente, o inversor pode receber do circuito intermediário uma corrente contínua, uma tensão CC ajustável, ou uma tensão CC constante. Em cada caso, o estágio inversor assegura o

fornecimento ao motor de uma tensão de amplitude e frequência variáveis. Se a corrente ou a tensão forem variáveis, o inversor apenas gera sua frequência, porém, se a tensão do elo CC for constante, o inversor gera tanto a frequência como a tensão variáveis necessárias para o motor. O inversor de frequência caracteriza-se pelo conjunto de todos os seus estágios, porém é no estágio inversor que se encontram as diferentes topologias de como são construídos os diferentes tipos de Inversores. As outras topologias existentes seguem esse mesmo padrão, porém a única diferença está nos diferentes tipos de componentes usados, e pela quantidade desses blocos que são dispostos em série para se obter o resultado necessário (PERPÉTUO, 2011).

A variação de frequência do chaveamento do IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor* que traduzindo significa Transistor Bipolar de Porta Isolada) faz alterar a frequência que chega ao motor, sendo assim, com o controle da frequência do chaveamento do IGBT pode se controlar a velocidade do motor. É necessária uma tensão de chaveamento no terminal “*gate*” para que ocorra o chaveamento. Assim cada conversor recebe pulsos de tensão ou corrente dependendo do tipo de conversor, a frequência desses pulsos vão ser proporcionais a frequência do chaveamento do IGBT.

Na Figura 5 é mostrada a saída de uma das fases do estágio inversor de dois níveis, onde o diodo em antiparalelo com o semicondutor é usado para permitir que a corrente possa fluir no sentido contrário (quando necessário), já que os semicondutores usados não permitem uma corrente reversa. No “*gate*” do semicondutor, um cartão de memória controlado por um microcomputador gera os pulsos que proporcionam o chaveamento que dará origem à forma de onda na saída. (PERPÉTUO, 2011)

Figura 5 – Bloco inversor básico (monofásico)



Fonte: PERPÉTUO (2011).

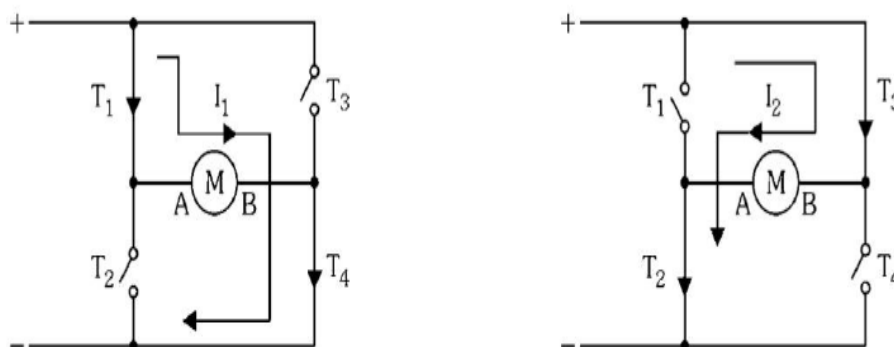
3.2.4 Controle de chaveamento

Para entender como o circuito funciona verifica-se sua operação em que a lógica de controle aciona os transistores sempre em pares da forma que se segue:

Os transistores T1 e T4 estão ligados, e T3 e T2 desligados. Nesse instante a corrente circula no sentido de A para B, como ilustrado na Figura 5.

No instante seguinte os transistores T1 e T4 serão desligados, T3 e T2 serão ligados. A corrente circula no sentido de B para A como ilustrado na Figura 6b (FRANCHI, 2010).

Figura 6 – Inversor monofásico comutando os transistores T1 e T4, e em sequência os transistores T2 e T3.



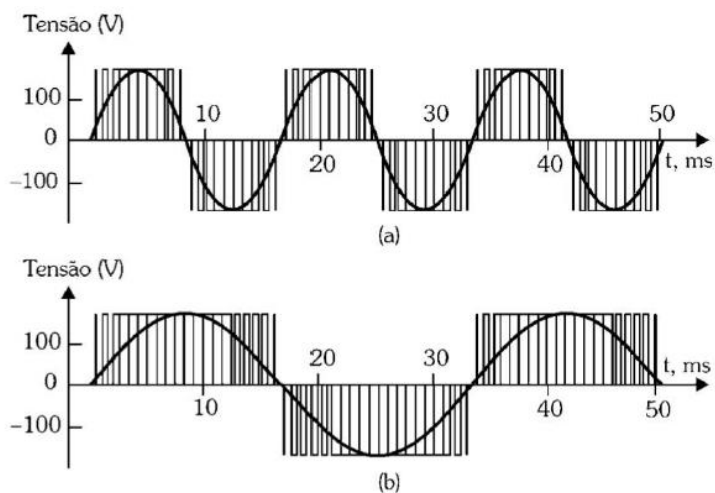
Fonte: FRANCHI (2010).

De acordo com essa sequência ocorre a inversão no sentido de corrente, ou seja, a corrente contínua transforma-se em alternada, sendo a tensão aplicada no motor alternada. De acordo com a variação da frequência de chaveamento desses transistores, a velocidade de rotação do motor aumenta ou diminui na proporção da variação de frequência de chaveamento. (FRANCHI, 2010).

Na Figura 8, são apresentadas as formas de onda da tensão de um inversor de frequência, para 60 e 30Hz respectivamente.

Figura 8 – Frequência de controle variável com um inversor de frequência:

- (a) Forma de onda 60 Hz, 120 V; (b) Forma de onda 30 Hz, 120V.



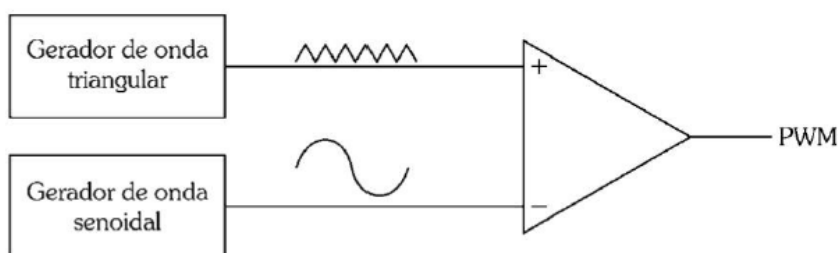
Fonte: FRANCHI (2008).

3.3 Modulação por largura de pulso (PWM)

Como os transistores trabalham basicamente como chaves “liga ou desliga”, a forma de onda de tensão de saída do conversor de frequência é sempre uma onda quadrada. Para obter uma tensão de saída mais próxima da senoidal, os transistores chaveiam modulando sua largura de pulsos através de uma técnica chamada PWM (*Pulse Width Modulation*). (FRANCHI, 2010).

Existem diversas técnicas de modulação PWM, a mais utilizada utiliza um microprocessador que combina um sinal de onda triangular e uma onda senoidal assim como mostra a Figura 9. (FRANCHI, 2010).

Figura 9 – Geração do PWM pela combinação das ondas senoidal com triangular.

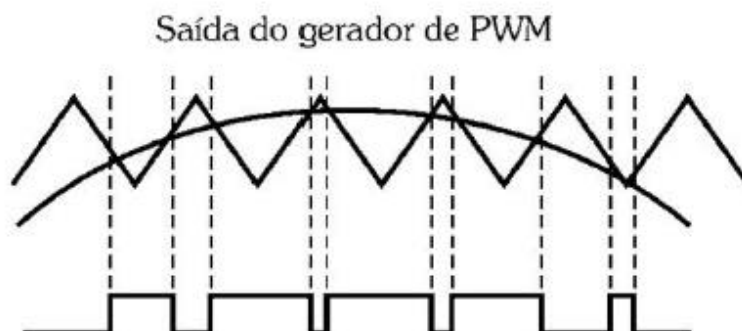


Fonte: FRANCHI (2010).

O sinal triangular é a frequência de chaveamento do inversor. O gerador de onda senoidal produz, portanto, a tensão RMS de saída do inversor, como mostrado na Figura 10. (FRANCHI, 2010).

Na Figura 10 mostra-se um sinal de saída de um gerador PWM.

Figura 1 – Sinal de saída do gerador PWM.

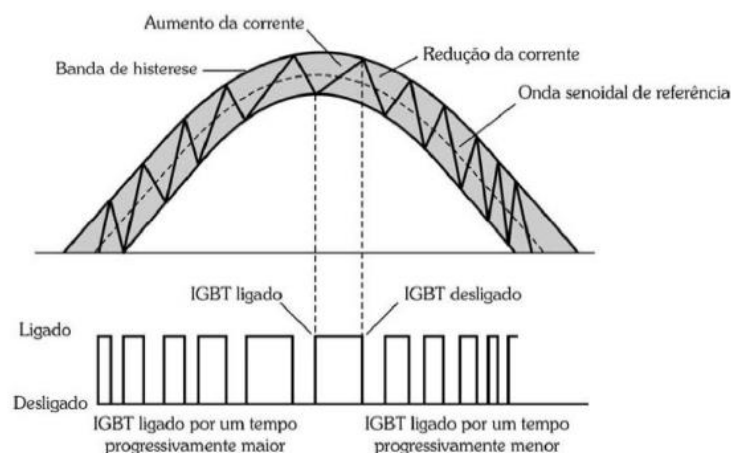


Fonte: FRANCHI (2010).

O IGBT é chaveado por um curto período de tempo, permitindo que somente uma pequena parcela de corrente chegue ao motor. O IGBT é então ligado por períodos maiores, permitindo correntes maiores no motor até que atinja a corrente nominal do motor. Após isso o IGBT é ligado por períodos de tempo menores progressivamente, diminuindo a corrente aplicada ao motor, a Figura 11 mostra como ocorre esse processo. (FRANCHI, 2010).

Na Figura 11 mostra-se o acionamento dos IGBTs no circuito do inversor.

Figura 11– Acionamento dos IGBTs no circuito do inversor.

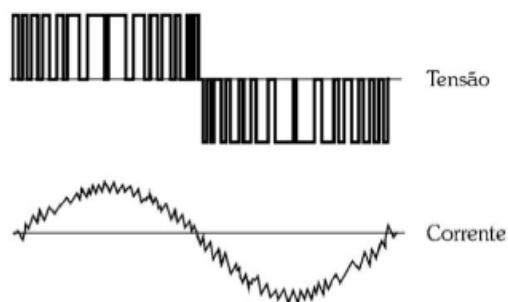


Fonte: FRANCHI (2010).

Quanto mais senoidal for a corrente de saída do PWM, maior será a redução de pulsações de torque e perdas. Assim teremos as seguintes formas de onda de tensão e corrente na saída do inversor, como mostrado na Figura 12. (FRANCHI, 2010).

Na Figura 12, mostra-se formas de onda de tensão e corrente na saída do inversor de frequência.

Figura 2 – Formas de onda de tensão e corrente na saída do inversor de frequência.

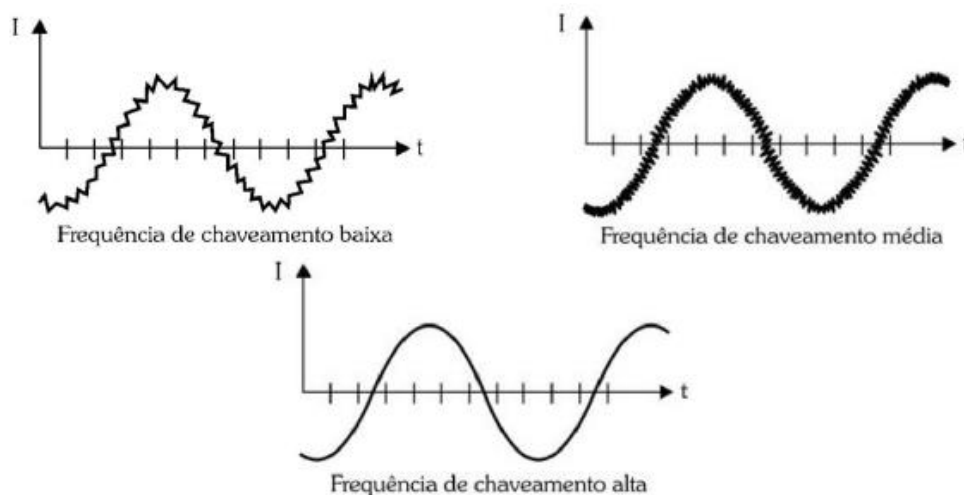


Fonte: FRANCHI (2010).

Quanto maior for a frequência de chaveamento, mais senoidal será a forma de onda resultante, embora o ruído seja aumentado significativamente, pois ele é proporcional a frequência de chaveamento (FRANCHI, 2010).

Na Figura 13, são apresentadas formas de onda em diferentes frequências de chaveamento.

Figura 3 Formas de onda para diferentes frequências de chaveamento.



Fonte: FRANCHI (2010).

Pode se afirmar que, independentemente da topologia utilizada, o princípio de funcionamento baseia-se em uma tensão CC no circuito intermediário e deve-se transformar em tensão CA para acionar o motor. Foi mostrado anteriormente um circuito em blocos de um inversor com a topologia PWM, que é a mais utilizada nos inversores de frequência atuais. Como a tensão é fixa no diagrama, deve-se então, chavear os transistores de saída pela modulação de

largura de pulso para se obter uma forma de tensão CA sintetizada e de frequência variável. (FRANCHI, 2008).

3.4 Classificação dos inversores de frequência

Os dispositivos de partida que usa PWM como esquema tem diferentes níveis de performance baseados em algoritmos de controle. Existem dois tipos básicos de controle largamente utilizados: escalar (volts/Hz), controle vetorial que pode ser classificado como malha aberta *sensorless* ou com realimentação.

O controle V/Hz é um método básico que prove uma frequência variável para aplicações como ventiladores e bombas. Proporciona um controle razoável de velocidade de torque a um baixo custo.

O controle vetorial *sensorless* fornece melhor regulação de velocidade e tem a capacidade de produzir alto torque de partida.

O controle de fluxo vetorial possibilita mais precisão de torque e velocidade com resposta dinâmica.

O controle orientado de campo permite manter velocidade e torque disponíveis para motores CA, fornecendo performance de um motor de corrente contínua para motores em CA (FRANCHI, 2010).

3.4.1 Conversor escalar

Se o controle aplicado à um determinado sistema tiver como objetivo a manipulação de apenas variáveis escalares tais como amplitude de tensão, corrente e frequência, este controle é denominado escalar (BIM, 2012).

Sendo assim, o controle V/F apresenta como objetivo principal, a capacidade de controlar a velocidade dos motores de indução, e ao mesmo tempo, assegurar a operação com um fluxo essencialmente constante, mantendo a eficiência e o torque máximo dos motores aproximadamente inalterados (TORO, 1994).

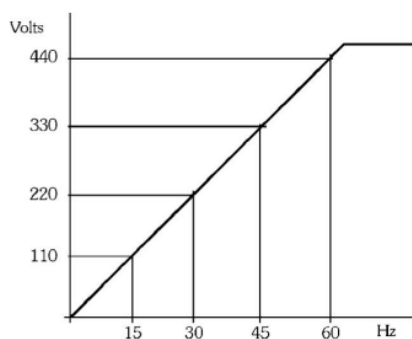
A técnica de controle escalar é essencialmente um controle em regime permanente. Isso implica que a principal aplicação para essa técnica está relacionada com a eliminação de erro em

regime permanente e com a capacidade de rejeitar variações na velocidade dentro de uma faixa de operação (SUETAKE; SILVA; GOEDTEL, 2007).

Vale ressaltar, que a principal vantagem do controle escalar em relação ao vetorial é a simplicidade e custos de implementação, o que torna uma opção atrativa para as aplicações que não exigem alto desempenho dinâmico (WEG, 2016).

Na Figura 14, apresenta-se o gráfico tensão por frequência para o inversor de frequência em controle escalar.

Figura 14 – Gráfico tensão x frequência no controle escalar.

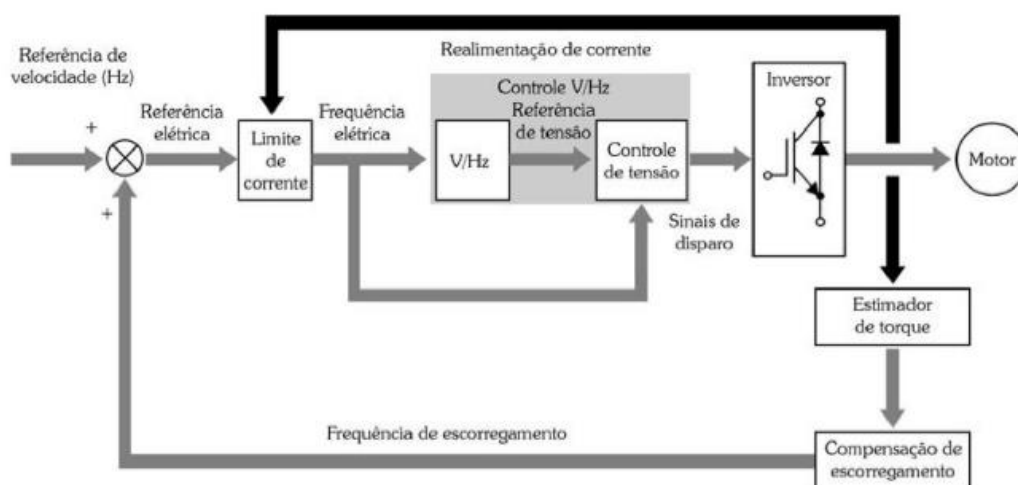


Fonte: FRANCHI (2010).

A tensão nesse caso sobe até a tensão nominal do motor (440V), pois caso aumente o aumento da frequência pode causar danos ao enrolamento do motor.

Na Figura 15, apresenta-se o diagrama de blocos para este tipo de inversor de frequência.

Figura 15 – Diagrama de blocos para controle escalar.



Fonte: FRANCHI (2010).

3.4.2 Conversor vetorial

Para aplicações que exigem alto desempenho da resposta dinâmica, a técnica mais utilizada é o controle vetorial (BIM, 2012).

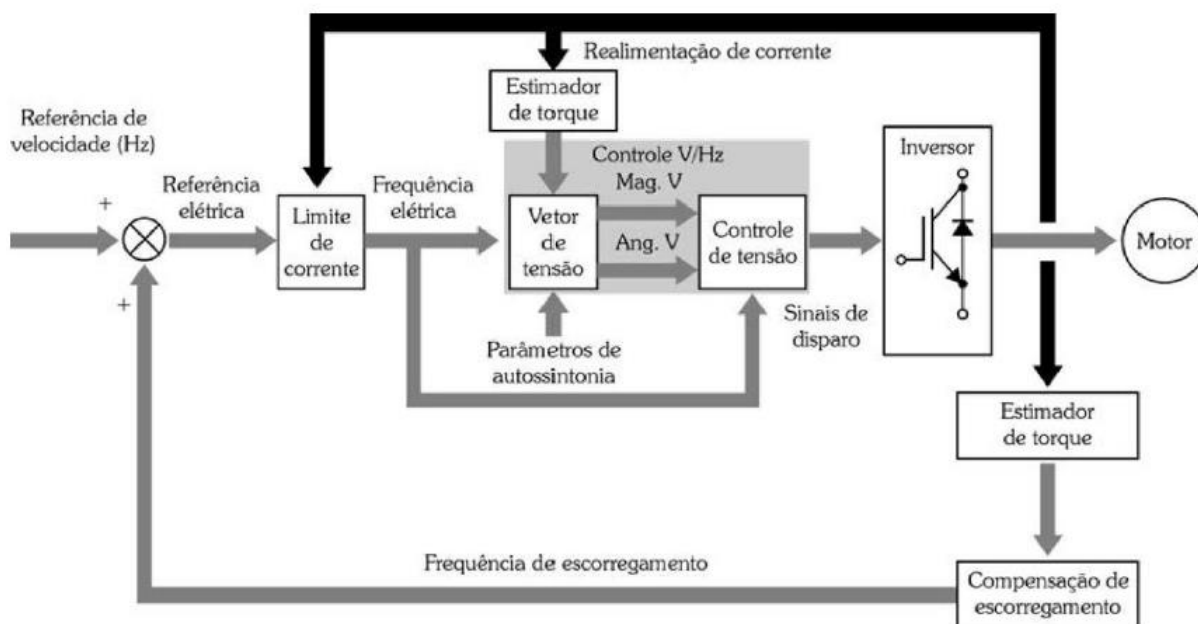
3.4.3 Conversor vetorial malha aberta (*sensorless*)

Esse tipo é mais simples que o controle com sensor, porém apresenta limitações de torque, principalmente em baixíssimas rotações. Em velocidades maiores é praticamente tão bom quanto o controle vetorial com realimentação (FRANCHI, 2010).

O controle vetorial *sensorless*, assim como V/Hz, continua a operar como um dispositivo de controle de frequência com a compensação do escorregamento, mantendo a velocidade atual do motor próxima a desejada. O bloco estimador de torque de corrente determina o percentual de corrente que está em fase com a tensão, provendo um torque aproximado de corrente. Ele é utilizado para estimar a quantidade de escorregamento, provendo melhor controle de velocidade sobre a carga (FRANCHI, 2010).

Na Figura 16 apresenta-se o diagrama de blocos para este tipo de inversor de frequência.

Figura 16– Diagrama de blocos para controle vetorial em malha aberta (*sensorless*).



Fonte: FRANCHI (2010).

3.4.4 Conversor vetorial com realimentação

As realimentações são feitas por sensores de corrente e sensores de posição (encoders).

O controle é feito pelo desacoplamento da corrente do estator em duas componentes, uma que produz torque e outra que produz fluxo no entreferro (FRANCHI, 2010).

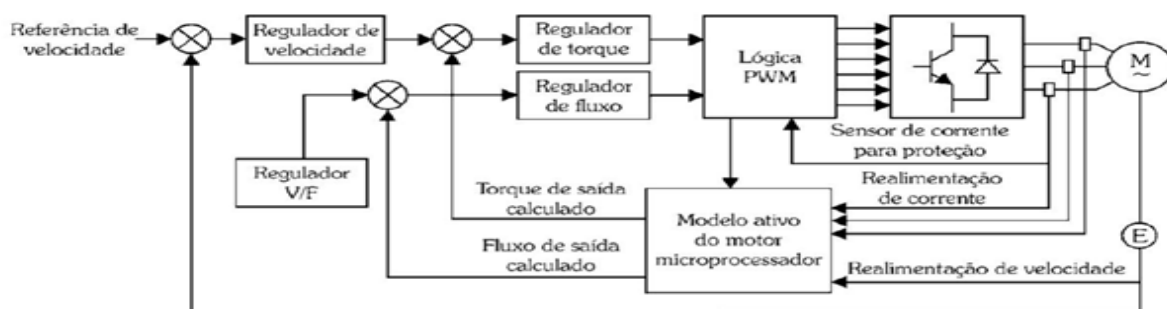
O diagrama de blocos de controle para um inversor de frequência de alta performance é essencialmente um controle em cascata de malha fechada com malhas de controle de velocidade e de torque;

- A malha de controle de velocidade controla a frequência de saída que é proporcional a velocidade;
- A malha de torque controla a corrente de entrada no motor que é proporcional ao torque;
- O comando de referência de velocidade é dado a partir do usuário, sendo o valor inserido em um comparador que fornece o controle para o regulador de velocidade;

- O sinal de diferença entre a velocidade desejada e atual torna-se o *setpoint* para o controlador. Esse sinal é comparado com o valor de corrente do motor e determina se o motor necessita ser acelerado ou desacelerado;
- Existe uma malha de controle separada para o fluxo de corrente (regulador V/F);
- Finalmente o sinal é enviado para a seção de controle PWM, que controla os IGBTs de forma que a tensão e a frequência desejadas sejam geradas para a saída de acordo com o algoritmo do PWM (FRANCHI, 2010).

Na Figura 17, apresenta-se o diagrama de blocos para esse tipo de inversor de frequência com realimentação.

Figura 4 – Diagrama de blocos para controle vetorial



Fonte: FRANCHI (2010).

Esse controle fornece as seguintes vantagens:

- Elevada precisão e regulação de velocidade;
- Alta performance dinâmica;
- Controle de torque linear para aplicações de posição ou tração;
- Operação suave em baixas rotações e sem oscilar o torque, mesmo se houver variação de carga (FRANCHI, 2010).

3.4.5 Classificação por faixa de tensão

Uma característica importante na hora de escolher o inversor de frequência mais adequado é a sua tensão nominal, o inversor assim como qualquer outro equipamento apresenta mal

funcionamento quando trabalha fora da sua faixa de tensão nominal, podendo até queimar em casos de o inversor ter uma faixa de tensão menor do que a tensão que a alimenta.

Segundo a NR 10, é obrigatória a classificação para destinar algumas medidas de segurança.

Tensão de segurança: extra-baixa tensão que tenha origem em uma base segura;

Extra-Baixa Tensão (EBT): tensão menor que 50 V para corrente alternada, ou menor que 120 V para corrente contínua (NR10, 2020).

Esse valor de 50 V é estipulado conforme a voltagem máxima que não ultrapasse a barreira natural da pele e, conseqüentemente, não causando lesão ao trabalhador.

Vale lembrar que isso muda para mucosas, como a boca, pois o revestimento não tem a mesma espessura e por ser um ambiente úmido, já pode-se ter lesão mesmo com voltagens inferiores (NR10, 2020).

A partir disso, o risco já é iminente, sendo necessário aumentar gradativamente as medidas de proteção.

Baixa Tensão (BT): acima de 50 V e inferior a 1.000 V, em corrente alternada, e acima de 120 V e inferior a 1.500 V para corrente contínua.

Alta Tensão (AT): são as tensões a partir de 1.000 V, em corrente alternada, e 1.500 V para corrente contínua (NR10, 2020).

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável pela normatização técnica no Brasil, utiliza uma faixa de tensão diferente, ela define a média tensão na faixa de 1,0 kV até 36,2 kV. Essa definição é mais conhecida e popularizada no Brasil, utilizada também por alguns fabricantes, temos as seguintes classificações para os conversores:

Conversor de Baixa Tensão: Até 1 kV. Com potências que podem variar de 120 W a 4,5 MW.

Conversor de Média Tensão: 1,0 kV e 36,2 kV. Com potências que podem variar de 200 kW à 70 MW.

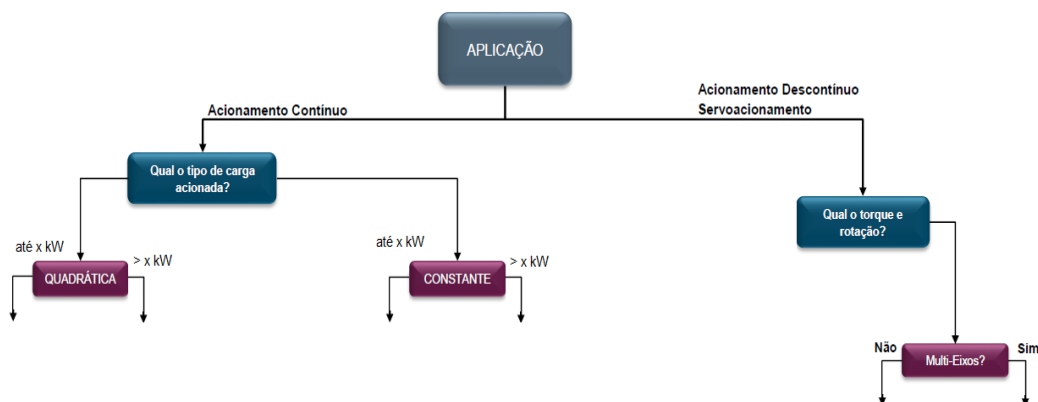
Conversor de Alta Tensão: é estabelecido o nível de tensão maior do que 36,2 kV, mas isso fica apenas como norma pois não temos esse tipo de inversor no Brasil (NBR 14039, 2005).

3.4.6 Dimensionamentos e características

Vendo essa enorme quantidade de inversores as pessoas podem ficar perdidas na hora de escolher o inversor mais adequado para atender a sua necessidade, essa escolha deve levar em consideração diversos fatores como aplicação, tipo de carga acionada, que pode ser constante ou quadrática, o torque e a rotação, mult-eixos ou não, entre outra. Para facilitar essa escolha as empresas fabricantes fornecem algumas ferramentas de seleção, são softwares em que o usuário coloca o tipo de carga, o tipo de instalação que ele tem, entre outras informações e a ferramenta vai te indicar automaticamente o inversor adequado ou as opções que atendem aquela demanda.

Na Figura 18, é apresentada a lógica que se usa para selecionar um inversor.

Figura 18 – Exemplo de lógica utilizada por uma ferramenta de seleção de inversor de frequência.

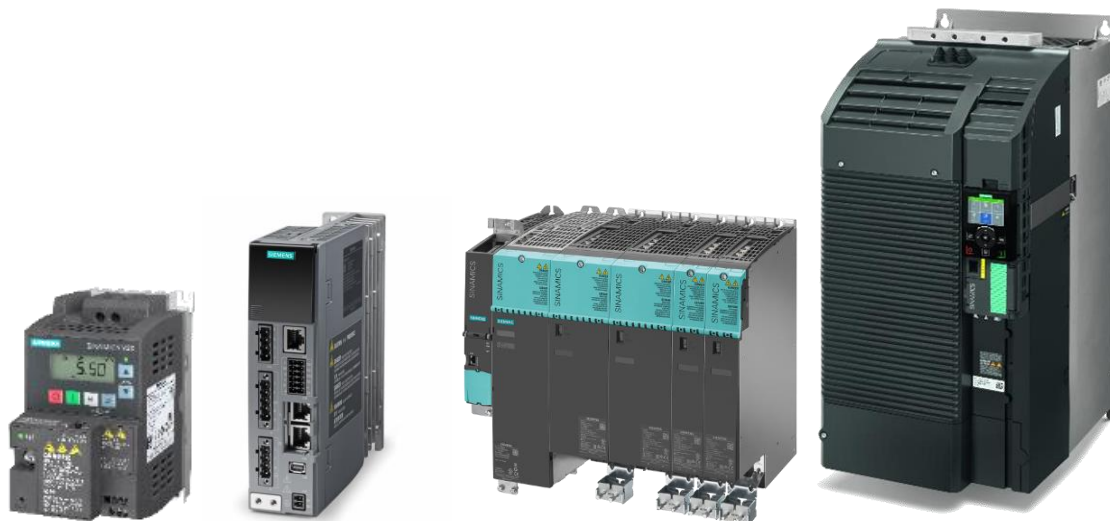


Fonte: Siemens adaptada (2021).

A seguir são apresentados alguns modelos de inversores atualmente no mercado, desde o mais simples e compacto até alguns mais robustos capazes de comandar mais de um motor. Em alguns casos os inversores são divididos em blocos, que são montados para formar o inversor e em outros ele é todo produzido em apenas um bloco.

Na Figura 19 apresenta-se inversores de variados níveis de tensão.

Figura 19 – Exemplo de inversores de frequência atuais.



Fonte: Siemens (2021)

Um outro tipo de inversor que é fabricado é o em painel, que utilizado por sua grande capacidade e praticidade fornecida ao cliente. Ele já vem equipado com os opcionais que elevam a segurança e desempenho do inversor além de ter a dimensões necessárias para o inversor trabalhar com a ventilação correta, muitas empresas gostam dessa praticidade e segurança fornecidas por esse tipo de inversor.

Na Figura 20 apresenta-se exemplos de inversores em painel

Figura 5 – Exemplo de inversores em painel.

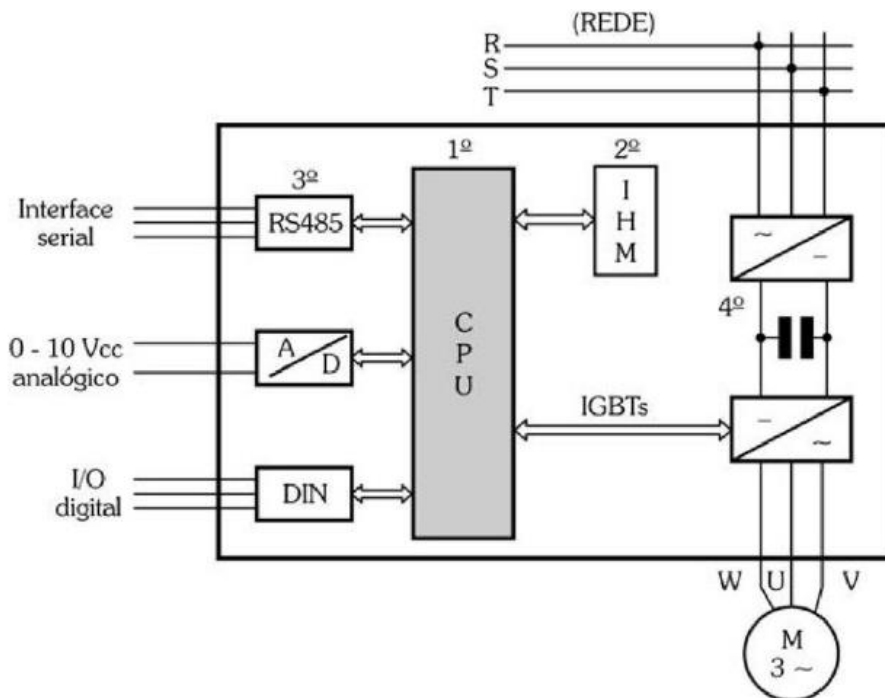


Fonte: Siemens (2021)

3.4.7 Blocos componentes do inversor de frequência

Para facilitar o entendimento explica-se o funcionamento de cada bloco do inversor de frequência individualmente. Abaixo na Figura 21 temos a representação desses blocos.

Figura 6 – Exemplo de inversores de alta tensão.



Fonte: FRANCHI (2010).

3.4.7.1 Unidade central de processamento (CPU)

A CPU de um inversor de frequência pode ser formada por um microprocessador ou por um microcontrolador. Isso depende apenas do fabricante. É nesse bloco que são armazenadas todas as informações (parâmetros e dados do sistema), visto que também há uma memória integrada nesse conjunto. A CPU não apenas armazena os dados e parâmetros relativos ao equipamento, como também executa a função mais vital para o funcionamento do inversor: geração dos pulsos de disparo por meio de uma lógica de controle coerente, para os IGBTs. (FRANCHI, 2010)

Na Figura 22 é apresentado a unidade de controle de um inversor.

Figura 7 – Unidade de controle.



Fonte: DIMENSIONAL (2021).

3.4.7.2 Interface homem/máquina (IHM)

O segundo bloco é a IHM. Com esse dispositivo podemos visualizar o que está ocorrendo no inversor (*display*) e parametrizá-lo de acordo com a aplicação (*teclas/touchscreen*).

Através da IHM pode-se visualizar diferentes grandezas do motor, como: tensão, corrente, frequência, status de alarme, entre outras funções. É também possível visualizar o sentido de giro, verificar o modo de operação (local ou remoto), ligar ou desligar o inversor, variar a velocidade, alterar parâmetros e outras funções (FRANCHI, 2010).

Figura 8 IHM *touchscreen*.

Fonte: DIMENSIONAL (2021).

3.4.7.3 Interfaces.

Os inversores são comandados por sinal analógico ou digital. Normalmente quando se comanda-se um motor analógico utiliza-se a tensão analógica de comando que fica na faixa de 0-10 V sentido horário, e -10-0 V no sentido anti-horário. Este é o sistema mais utilizado em máquinas ferramentas automáticas, sendo a tensão analógica de controle proveniente do CNC (Comando numérico computadorizado) (FRANCHI, 2010).

3.4.7.4 Etapa de potência

A etapa de potência é constituída por um circuito retificador, que por meio de um circuito intermediário denominado “barramento CC” alimenta o circuito de saída inversor (módulo IGBT) (FRANCHI, 2010).

3.5 O mercado para os inversores de frequência

Nessa secção vamos falar sobre o mercado para os inversores, como ele tem evoluído e crescido com o passar dos anos.

Na Figura 24 é mostrado um inversor de média tensão diferente dos mostrados até aqui, pois ele é montado em painel com diversos opcionais que tornam a solução mais completa para o cliente.

Figura 24 – Inversor em painel de média tensão



A grande utilização dos inversores de frequência é uma realidade a muitos anos, é um mercado consolidado que continua crescendo acompanhando o crescimento da indústria. Com o aumento da tecnologia os inversores vêm barateando e aumentando o número de aplicações diferentes. Antigamente os inversores apenas ligavam e desligavam os motores, hoje eles têm diversas funções que aumentam o seu rendimento como regenerador de energia, funções de segurança para controle de torque e várias proteções como filtros de linha, filtros de harmônicas, não necessitando de um sistema externo para fazer essas funções, o que os tornam uma solução mais barata e mais prática ao cliente.

A praticidade do produto é em razão ao fato de que os inversores vêm em painéis seguindo todas as normas de utilização. Desta forma, o cliente não precisa ter preocupações com a falta de compatibilidade entre os equipamentos, mesmo que estes sejam de fabricantes diferentes. Os fabricantes estão cada vez mais entregando a solução completa para os clientes. Quando o fabricante não produz todos os equipamentos necessários, eles, através de parcerias, entregam a solução para o cliente apenas colocar o painel no local e ligá-lo a rede.

Alguns exemplos de aplicação de inversores são bombas, ventiladores, compressores, moinhos, misturadores, agitadores, fornos rotativos, extrusoras, esteiras transportadoras, mesa de rolos, trefilas, prensas, elevadores e extrusoras.

A seguir serão mostrados diversos mercados onde há as aplicações citadas acima.

3.5.1 Água & saneamento

Na área de saneamento básico o Brasil ainda é um país bem atrasado, mas isso é visto como uma oportunidade de crescimento e bons projetos, Ministério do Desenvolvimento Regional liberará R\$ 829,8 milhões para a continuidade de obras de saneamento básico em todo o Brasil. Ao todo, serão beneficiados 236 projetos em 204 municípios do Acre, Amapá, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Tocantins, além do Distrito Federal (GOV.BR, 2020).

Esse é um mercado que utiliza um amplo portfólio de produtos de tecnologia e automação pois seus processos são praticamente todos automatizados, geralmente utiliza motores e inversores de baixa tensão, mas quando se trata de estações de tratamento, estação de bombeamento e em plantas de dessalinização os mais utilizados são os de média e alta tensão.

É um mercado em crescimento contínuo, com expectativa de investimento global de US\$ 89 Bi espalhado em 170 projetos (2019 a 2023). Esse investimento vem dividido em três partes, 39,6% em tratamento de água e esgoto, 31,5% em gasoduto e 28,9% em dessalinização. (WEG, 2019)

O Brasil, com seus investimentos ainda tímidos em dessalinização começou em 2020 a primeira usina de dessalinização em Caucaia no Ceará. A obra tem um valor total de 11,298 milhões de reais e será executada pelo Consórcio Wai Seta Caucaia Ltda.

O equipamento funcionará na praia do Pacheco, ponto do litoral caucaense. Com capacidade de 1.200 metros cúbicos por dia, a usina vai garantir água de qualidade a mais de 12 mil famílias de Caucaia. Isso equivale a mais de 40 mil habitantes (ou 11% de toda a população do município).

Para isso, a máquina utilizada na operação será do tipo *plug&play* e transformará água do mar em própria para consumo humano por uma técnica conhecida como “osmose reversa”, cujo funcionamento se dá através de uma membrana semipermeável que absorve o sal e os componentes nocivos à saúde humana e deixa passar apenas a água limpa (AECIPP, 2020).

Trata-se do primeiro município brasileiro a operar com este sistema de dessalinização da água do mar. O empreendimento será erguido numa área de 1.450 m² na Praia do Pacheco.

Quando estiver em operação, o dessalinizado da água do mar será uma alternativa à escassez de recursos hídricos. A água tratada seguirá para a rede de distribuição da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) (AECIPP, 2020).

Na Figura 24, apresenta-se uma visão geral da planta de dessalinização da cidade de Caucaia.

Figura 95 – Planta de dessalinização de Caucaia no Ceará



Fonte: AECIPP (2020).

3.5.2 Óleo e gás

O Brasil também possui o gasoduto que já opera em muitas regiões além de alguns projetos onde um deles se destaca, um projeto orçado preliminarmente em US\$ 1,2 bilhão e com extensão de quase 600 quilômetros de um novo duto entre os municípios de Uruguaiana (RS) e Porto Alegre. Este projeto foi apresentado pelo embaixador argentino Daniel Scioli ao governo Jair Bolsonaro no início de setembro de 2020. São investimentos estimados em US\$ 3,7 bilhões entre a província de Neuquén, onde ficam as jazidas, e a fronteira com o Brasil em Uruguaiana (RS) (ABEGÁS, 2021).

Na Figura 26, apresenta-se uma visão geral da planta de dessalinização da cidade de Caucaia.

Figura 26 – Mapa de gasodutos em operação na América do Sul



Fonte: (GASNET, 2021)

A transição energética vai de vento em popa pelo planeta. E não poderia ser diferente, precisamos planejar para deixar um planeta saudável para as futuras gerações.

Vários investidores, antes relevantes no mercado de O&G, anunciam a não intenção de investir mais em energia de origem fóssil, e somente investir em energias renováveis. Ainda bem que não se trata de uma atitude unânime, pois o planeta certamente entraria em colapso por falta de energia.

Não podemos esquecer que transição significa coexistência entre o que existe hoje e aonde queremos chegar. De acordo com o World Energy Outlook 2020 da IEA (*International Energy Association*), mesmo com um crescimento relevante de demanda por energias renováveis, em um cenário que reflete todas as intenções e metas de políticas anunciadas pelos países até o momento, a projeção de demanda por petróleo é de crescimento até 2030, se mantendo neste patamar até 2040. (SOUZA, 2021)

O Brasil possui atualmente 155 plataformas de petróleo, espalhadas por toda a costa brasileira além de diversas outras espalhadas por países da América do Sul (CBIE, 2019). Essas plataformas são criadas para explorar óleo e gás no mar.

Pela característica *offshore* essas plataformas demandam tecnologia em automação específicas para seu segmento, bombas capazes de operar a mais 2.000 m de profundidade precisam levar em consideração a pressão, forças laterais, ambiente salino e queda de tensão no cabo entre outras especificidades.

O mercado de energia não para de crescer no mundo. Impulsionado pela descoberta do pré-sal o Brasil vem se destacando nesse mercado, o que gera grandes projetos bilionários onde os inversores de frequência são muito utilizados.

Esse mercado utiliza uma ampla gama de produtos de automação que varia da alta até a baixa tensão.

Na Figura 27, é apresentada a foto da plataforma de Petrobras, exemplo de utilização de inversores de frequência.

Figura 27 – Plataforma da Petrobras.



Fonte: (Banco de Imagens da Petrobras)

3.5.2 Açúcar e álcool

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e ocupa o segundo lugar na geração global de etanol, com 35,58 bilhões de litros, atrás dos Estados Unidos. Desse total, 1,6 bilhão de litros é feito a partir do milho. Além disso, é líder em produção e em exportação de açúcar. Saíram das usinas nacionais, em 2019/2020, 29,6 milhões de toneladas do produto, das quais 18,9 milhões seguiram para o exterior.

O Brasil por ter sua economia predominantemente agrária, aproximadamente 500 anos de experiência no plantio de cana de açúcar e uma vasta extensão territorial para explorar se tornou o maior produtor e exportador de açúcar do mundo, até 2020 ele é responsável por quase metade do açúcar comercializado no mundo.

A expectativa para o ciclo 2020/2021 é que seja estabelecido recorde de 40 milhões de toneladas produzidas (a marca anterior era 38,7 milhões de toneladas, em 2016/2017) e que as exportações atinjam 29,6 milhões de toneladas, contra 19,4 milhões de toneladas na safra anterior (VEROTTI, 2020).

Dentro de uma usina sucroalcooleira os inversores de frequência são utilizados na substituição dos acionamentos de turbinas a vapor por acionamentos elétricos dos ternos da moenda, seja para acionamento único (central) ou multimotores (rolo a rolo), reduzindo assim o consumo de vapor no processo de moagem da cana, empregando-se um conjunto de motores elétricos e conversores de alta eficiência. Com o elevado número de usinas instaladas no Brasil e a pequena quantidade que já tem esse processo automatizado, esse é visto como um ótimo mercado a ser explorado (WEG, 2021).

Os benefícios com a automatização desse processo são muitos: operação com alto torque mesmo em baixa rotação, automação do controle de vazão do caldo para a fábrica graças ao melhor ajuste da rotação do terno, eliminação do redutor de alta rotação o que evita muita manutenção, partida e parada suave, livre de “trancos” mecânicos, instalação compacta e reduzida, redução do MTBF (*machine time between failures*) em português tempo médio entre falhas, redução de equipamentos, deixando a máquina mais enxuta, barata precisa e confiável.

No início do processo de moagem temos as cargas mais severas do ponto de vista de acionamento (sobrecargas e inércia), o nivelador, o picador e o desfibrador, portanto, devem ser acionados por um pacote de soluções que se adaptem às características da usina e da matéria-prima a ser processada. Tendo em vista essas premissas, as usinas necessitam de uma solução inteligente com motores capazes de fornecer elevados torques, baixas correntes de partida, robustez e flexibilidade de projeto, além dos respectivos acionamentos em média e baixa tensão, transformadores e quadros de distribuição (WEG, 2021).

A título de ilustração, na Figura 27 apresenta-se um exemplo de centro de controle de motores (CCM) normalmente utilizado em usinas sucro-alcooleiro.

Figura 28 – CCM dedicado para usinas de açúcar, etanol e energia.



Fonte: (WEG, 2021)

3.5.3 Máquinas de fabricação de papel e prensas

Os inversores estão presentes em diversos processos da fabricação de papel, como moedores, picadores, sopradores de cilindros yankee, refinadores, mesas de rolos, prensas, bobinadores, desbobinadores, ventiladores, bombas e caldeiras de recuperação. (WEG, 2020)

É um mercado com pouco volatilidade que tem aumentado o uso de inversores de média tensão. Ele demanda alto grau de automação para suas máquinas trabalharem com o mínimo de processo manual já que pelo tamanho das máquinas utilizadas é inviável qualquer processo manual.

Na Figura 29, apresenta-se uma ilustração de uma planta de máquina de fabricação de papel.

Figura 29 – Máquina de fabricação de papel.



Fonte: (HERGEN, 2017)

3.5.4 Mineração

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram) divulgados dia 4 de fevereiro de 2021, o faturamento do setor de mineração no Brasil somou R\$ 209 bilhões em 2020, alta de 36% em relação a 2019 que congrega mais de 130 associados e é responsável por 85% da produção mineral no Brasil.

O resultado trouxe um aumento de R\$ 72,2 bilhões na arrecadação de impostos. Destaque para a Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM), que passou de R\$ 4,5 bilhões em 2019 para R\$ 6,1 bilhões em 2020, beneficiando diretamente estados e municípios, em especial em Minas Gerais e Pará (GOV.BR, 2021).

Para inversores no Brasil um dos maiores mercados é o da mineração, os processos em que eles são aplicados são em moinhos, bombas de lama, transportadores e trituradores.

Na Figura 30 é mostrado uma esteira controlada por inversor de frequência, esse tipo de esteira é muito utilizado na mineração.

Figura 30 – Esteira transportadora em mineradora



Fonte: (GOV.BR, 2021)

3.5.5 Outros Mercados

Outros mercados que também utilizam inversores de média tensão são: Geração de energia (Ventiladores de tiragem induzida e de tiragem forçada, bombas de alimentação de caldeira, bombas de recirculação), Cimento (Forno e ventiladores de filtro de manga, exaustor do resfriador, ventiladores de tiragem induzida e de tiragem forçada, trituradores e moinhos), Plástico & Borracha (Misturadores Banbury), Infraestrutura (Bombas, compressores), Metais (Bombas de desincrustação, bombas de resfriamento e ventiladores), Naval (Propulsão, propulsores, bombas de descarga) (WEG, 2020).

3.6 Produção nacional

A nacionalização dos bens e componentes produzidos pela indústria nacional é um dos fatores que garantem a soberania, o progresso e integridade do patrimônio nacional do País (BONFADINI, 1996).

Após o final da Segunda Guerra Mundial, o empenho pela reconstrução dos países que foram afetados fez com que a taxa de crescimento econômico aumentasse de maneira intensa. No Brasil, houve uma grande importação de tecnologia e de capital, tendo mudanças significativas no cenário da economia, modernizando a produção e aumentando os números de exportações e renda *per capita*.

Entretanto, esta estratégia causou uma dependência da economia externa e desestímulo de desenvolvimento de novas tecnologias nacionais. Em busca de melhorias e como forma de reverter essa situação, o governo brasileiro desenvolveu uma mecanismos para proteger e incentivar a produção nacional, com incentivos fiscais.

Estes incentivos fiscais são formas de reduzir impostos pois contribuem na diminuição de vários tipos de cargas tributárias no país. Esta oferta pode ser em âmbito municipal, estadual e federal como previsto em lei, os incentivos fiscais são uma medida normalizada para que as empresas consigam economizar dinheiro. Além do mais, existe uma troca econômica uma vez que auxiliam na geração de empregos e de maiores investimentos para determinados setores da economia.

Hoje existem mecanismos de fomento público para alavancar investimentos na indústria 4.0. As leis de incentivo fiscal, como a lei do bem, têm sido fundamentais para alavancar a competitividade das empresas brasileiras (TADIM, 2020).

O Brasil é um país que tem a economia predominante agrícola, a indústria nacional de tecnologia está muito atrasada quando comparada aos gigantes do setor, Alemanha, Japão e China. Por esse motivo o governo federal criou diversos benefícios para que a indústria nacional possa se desenvolver e se tornar um polo industrial relevante no cenário internacional. Sem o incentivo as indústrias nacionais não são capazes de fazer frente aos concorrentes internacionais, pois esse tem maior experiência e são bem estabelecidos no mercado há muitos anos.

A produção nacional de tecnologia ainda é pequena, por isso o setor de tecnologia gera um grande déficit na balança comercial do país.

A WEG é o único fornecedor brasileiro de sistemas de variação de velocidade em média tensão que fabrica todas as partes integrantes: cubículo de entrada, transformador a seco ou a óleo, inversor de frequência e motor de média tensão (ROMTEC, 2021).

A crise de 1929 começou nos Estados Unidos e se alastrou pelo mundo, deixando um rastro de falências econômicas. O Brasil era, na época, cafeeiro e dependente das exportações. Devido à quebra do mercado internacional, o café deixou de ser vendido a preços atrativos, causando o declínio da indústria cafeeira, que migrou para o setor industrial, especialmente os setores têxtil e de alimentos, concentrando-se nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.

Desde o final do século XIX até sua rigorosa aplicação a partir da década de 1950, um conjunto de leis e medidas determinava que os produtores nacionais que tivessem bens

concorrentes importados de outros países, podiam requerer ao governo federal um registro especial que lhes garantia uma medida protecionista taxando o bem similar importado mais caro em relação ao preço do bem nacional. Tal conjunto de medidas protecionistas envolvia tanto a concessão de recursos, empréstimos e subsídios aos produtos e aos empresários locais.

No Brasil, após a crise de 1929, a política de substituição de importações foi implementada com o objetivo de desenvolver o setor manufatureiro e resolver os problemas de dependência de capitais externos. Suas principais ideias são “Produzir internamente tudo aquilo que antes era importado ou aquilo que iríamos importar”, fomentando a indústria nacional.

Trazendo para a atualidade, até hoje as leis protecionistas existem e quando o importador consegue provar que precisa trazer um produto estrangeiro porque ele não existe dentro do Brasil o governo federal concede alguns benefícios fiscais, como a redução ou isenção do imposto de importação (UXCOMEX, 2020).

3.6.1 Medidas protecionistas: Lei do similar nacional.

Existe uma lista de NCMs (Nomenclatura Comum do Mercosul) já contempladas com II zerado ou de 2%, citados no inciso I do art. 1º da Resolução CAMEX nº 79, de 2012. Caso o bem já tenha sido submetido a análise de produção nacional e já tenha sido constatado não haver produção nacional, o resultado da análise anterior poderá ser utilizado na análise do novo pedido de LI (Licença de Importação). Para tanto, o importador deverá utilizar exatamente a mesma NCM e o mesmo “modelo” do bem já objeto de consulta pública anterior. Além disso, a descrição do bem deverá ser idêntica à que já foi submetida à análise de produção nacional. Nesse caso, o importador deverá informar no campo “informações complementares” em qual consulta pública foi realizada a análise (UXCOMEX, 2020).

3.7 Importação

O termo “importação” define as compras internacionais realizadas por um país, sejam efetuadas pelas pessoas jurídicas de direito público, privado ou pessoas físicas. Pode-se supor que

existem semelhanças entre os aspectos comerciais de uma importação e uma exportação, porém não se pode realizar a mesma afirmação para o processo operacional da importação, pois nessas operações a quantidade de normas que o importador deve atender é superior ao número de normas a serem atendidas pelo exportador.

Assim, é importante mencionar que, cada vez que o potencial importador for realizar uma operação de importação de maneira semelhante ao que acontece quando uma operação de exportação, deve consultar as normas administrativas disponibilizadas pelo governo brasileiro para evitar dissabores ou demoras no processo de importação.

Atualmente, o governo brasileiro autoriza que uma empresa possa usar outra, devidamente cadastrada no Rastreamento da Atuação do Intervenientes Aduaneiros (Radar), caso a primeira não tenha interesse em fazer importações na forma direta. Esses procedimentos são conhecidos como importação por conta e ordem de terceiros e importação por encomenda. Radar é o sistema no qual o governo brasileiro define e controla empresas e pessoas autorizadas a atuar no comércio exterior.

Ao importar produtos, uma empresa ou uma pessoa atenderá basicamente a dois objetivos: consumo próprio e revenda.

No caso da revenda, que objetiva o lucro, nos últimos anos é o segmento no qual se verifica o maior aumento das importações.

Isso se deve a uma série de fatores, a desburocratização dos procedimentos, redução dos tributos, consolidação do Mercado Comum do Sul (Mercosul) e em parte, à demanda reprimida no mercado interno, consequência de quase três décadas de proibição ou suspensão da importação de determinados bens de consumo final, matérias-primas e equipamentos.

No comércio de exportação e importação, os processos estão sujeitos ao controle governamental por meio de normas e procedimentos, cuja origem pode ser fiscal, administrativa, cambial ou operacional. Essas normas e procedimentos são implantados e monitorados por diferentes órgãos da estrutura governamental e federal, tendo como objetivo principal o controle e a padronização das diferentes fases das operações comerciais entre o Brasil e o mercado internacional (ATSUMI, FRANÇA E SEGALIS).

A fase administrativa se trata das normas e procedimentos pré-estabelecidos para que os órgãos do governo verifiquem a conformidade da importação, essas normas podem várias dependendo do tipo de operação e de mercadoria a ser importada.

A etapa administrativa compreende todo os procedimentos, requisitos e condições necessárias exigidas pelos órgãos governamentais. Compreende-se como o licenciamento das importações.

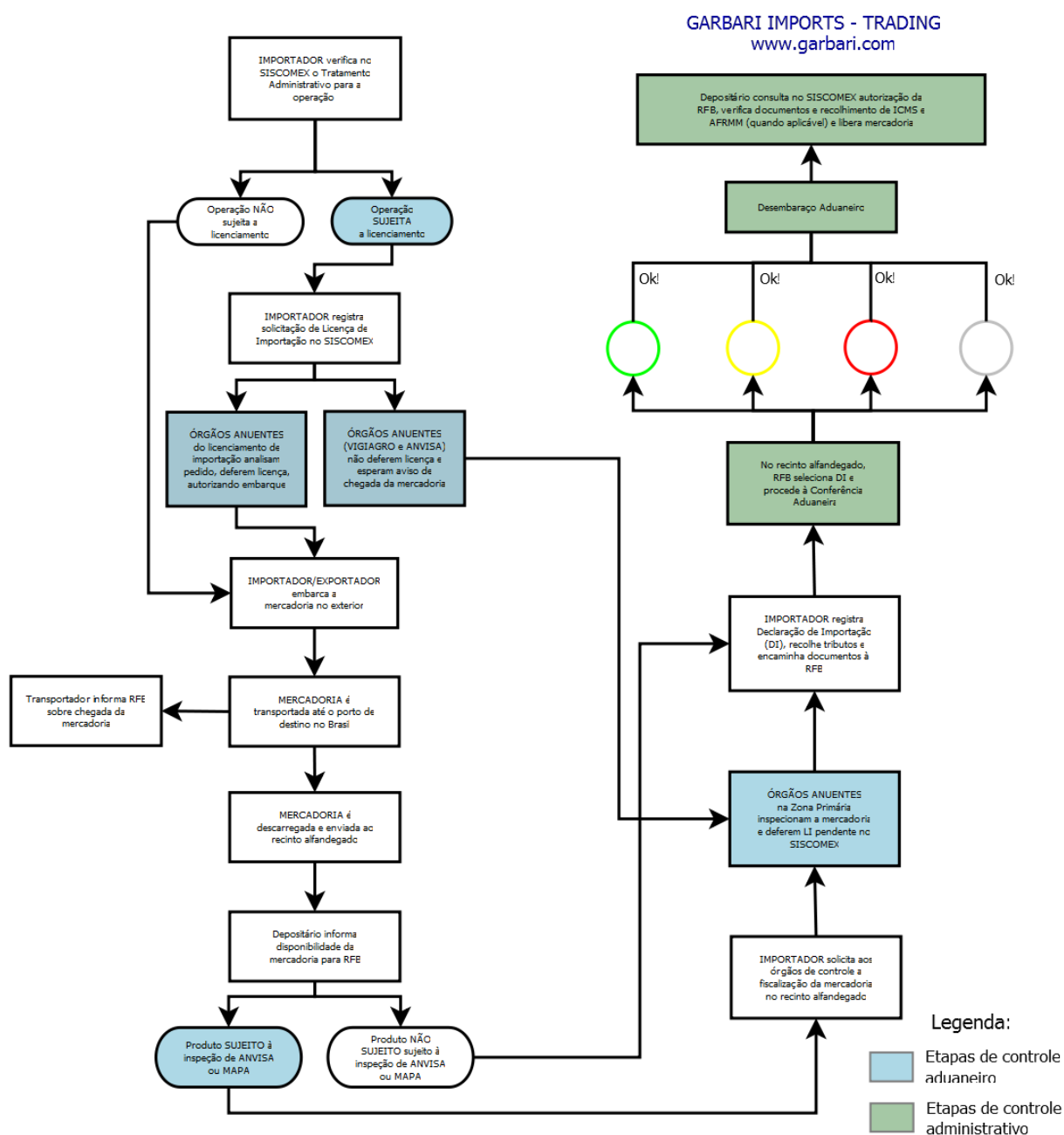
O período fiscal abrange a etapa do tratamento aduaneiro que consiste no conjunto de normas e procedimentos pertencentes à fiscalização, além do controle aduaneiro das operações de importação. Este procedimento verifica a exatidão dos documentos que serão declarados e apresentados pelo importador no controle das mercadorias importadas. É da competência da Secretaria da Receita Federal do Brasil a tarefa da administração aduaneira em todo o território nacional. Este processo será realizado logo após a chegada da mercadoria no país e o recolhimento dos impostos relacionados a importação. Via de regra, o despacho de importação é processado por meio de Declaração de Importação (DI), registrada no Sistema Integrado de Comércio Exterior. (SISCOMEX).

Poderá haver em algumas situações a etapa cambial que se refere a compra de moeda estrangeira utilizada em pagamentos das importações. Contudo, para ser processada precisará passar por entidade financeira autorizada pelo Banco Central do Brasil e então, operar em câmbio. Somente após o final de todo o processo aduaneiro a mercadoria poderá ser considerada importada e assim, poderá entrar em circulação no mercado nacional.

Na Figura 30 mostra o passo a passo do processo de importação com todas as suas possibilidades.

Figura 10 – Fluxograma que sistematiza o processo para a importação de mercadorias ou bens para o Brasil, destacando as fases administrativa e fiscal (aduaneira)

FLUXOGRAMA - PROCESSO BÁSICO DE IMPORTAÇÃO



3.6.1 Glossário

Alguns termos utilizados no processo de importação são bem específicos do processo, por esse motivo explicar-se-á, a seguir alguns que podem gerar dúvidas.

Ex-Tarifário - É a sigla utilizada no comércio exterior para Exceção Tarifária. É quando o governo concede redução do Imposto de Importações de itens para os quais não há produção no Brasil ou ela é insuficiente. Existem Ex-Tarifários para II e IPI, bem como para matéria prima e máquinas e equipamentos.

Assim sendo, um “Regime Comum de Bens de Capital Não Produzidos” foi estabelecido pela Decisão do Conselho do Mercado Comum nº 34/03, que previa uma Lista Comum de Bens de Capital não produzidos no bloco, os quais teriam suas alíquotas reduzidas temporariamente para 0% (FAZCOMEX, 2021).

Importações com cobertura cambial - Nessas operações há o pagamento das mercadorias recebidas do exterior, que pode ser antecipado, contra apresentação de documentos ou a prazo. Para fins cambiais, ou seja, comprar as divisas estrangeiras de um banco autorizado pelo Banco Central para atuar em operações de compra e venda de moeda estrangeira para que sejam remetidas ao exterior, pode-se utilizá-los para efetuar pagamento diretamente no exterior.

Como a exportação, hoje é possível importar bens da Argentina, pagando em pesos, ou seja, o fornecedor argentino vende em sua moeda local e o importador brasileiro paga em real, que serão convertidos em pesos no banco contratante, que realiza a remessa dessa moeda.

Território aduaneiro - É definido como espaço geográfico, compreendido ou englobado pelo território nacional, incluindo as águas territoriais do direito tributário e os artigos do Regulamento Aduaneiro, complementadas pelas Normas Administrativas de Exportação e do Tratamento Administrativo da Importação.

Em determinadas oportunidades, um território aduaneiro pode ser maior que o território nacional para atender a interesses econômicos e simplificar procedimentos de fiscalização aduaneira. Essa flexibilidade para o território aduaneiro também pode ser consequência de acordos internacionais, tal como acontece com o Mercosul, que permite a criação e funcionamento de alfândegas justapostas ou conjuntas, ou seja, num mesmo local teremos a presença de fiscais de um segundo país atuando no território do primeiro.

Contrato de câmbio - É o documento assinado pelo exportador ou importador e o banco operador, ou seja, banco com o qual será fechado o contrato de câmbio.

Nesse documento, o vendedor ou comprador das divisas assume a responsabilidade de comprar ou vender as divisas ao banco comprador ou vendedor das divisas, necessárias para o recebimento ou pagamento do valor em moeda nacional ou estrangeira, resultante da conversão da moeda estrangeira ou nacional pela taxa de câmbio utilizada no do fechamento do contrato de câmbio.

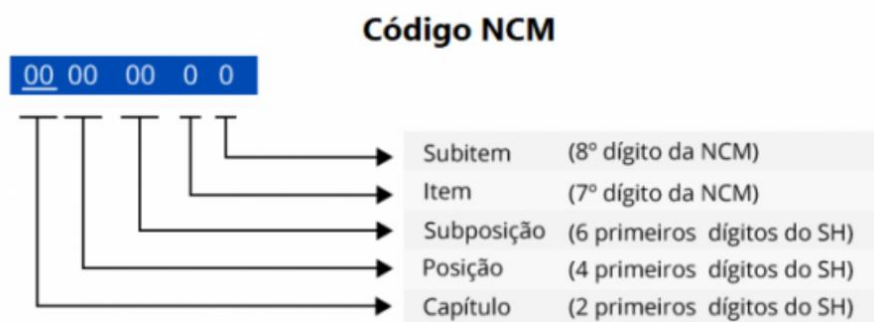
Em conformidade com as normas do Banco Central do Brasil, existem diversos tipos de câmbio, porém os mais utilizados são o tipo 1, fechamento de câmbio de exportação; e tipo 2, fechamento de câmbio de importação (ATSUMI, FRANÇA; SEGALIS).

Código NCM - NCM é a sigla para Nomenclatura Comum do Mercosul. Toda e qualquer mercadoria que circula no Brasil deve ter o código NCM e este código deve ser informado no preenchimento da nota fiscal e outros documentos de comércio exterior. A consulta ncm pode ser realizada no site da NF-E e em outros sistemas.

O código NCM é adotado por todos os países membros do Mercosul desde janeiro de 1995 e tem como base o método internacional de classificação de mercadoria, chamado como SH – Sistema Harmonizado de Designação e de Codificação de Mercadorias. (FAZCOMEX, 2021)

Na Figura 32 é apresentada detalhes do código NCM

Figura 3211 – Explicação do código NCM



Fonte: FAZCOMEX (2021).

Tarifa Externa Comum (TEC) - A TEC é um conjunto de tarifas sobre a importação, estabelecida em 1º de janeiro de 1995, para os países-membros do Mercosul (Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai), com base na NCM para produtos e serviços. (FAZCOMEX, 2021)

3.6.2 Impostos de produtos importados

São sete os impostos sobre importação que a sua empresa deve pagar: II, IPI, ICMS, PIS, COFINS, ISS e IOF.

3.6.2.1 Imposto de Importação (II)

O II é um tributo federal que incide sobre mercadoria estrangeira e tem como fato gerador sua entrada no território nacional.

Também denominado usualmente como tarifa aduaneira, direitos de importação, tarifa das alfândegas ou direitos aduaneiros, o II é um tributo de competência da União, e assim se justifica porque, em se tratando de um imposto com implicações no relacionamento do país com o exterior, seu trato deve caber na verdade ao Governo Federal, responsável por este relacionamento, que deve ser uniforme no âmbito internacional. Ademais, este imposto possui também grande importância no cenário externo tendo em vista as negociações de inúmeros tratados, visando a necessidade de integração dos países e a abertura econômica.

Seu cálculo se dá pela alíquota de importação que pode ser localizada na tabela TEC (Tarifa Externa Comum) multiplicada pelo valor aduaneiro (FAZCOMEX, 2021).

3.6.2.2 Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)

O IPI é um tributo que incide sobre produtos industrializados, nacionais e estrangeiros incluindo a importação de produtos. Na situação de importação, o seu fato gerador é o desembaraço aduaneiro de produtos de procedência estrangeira.

A base de cálculo do IPI é o valor aduaneiro do produto e sua alíquota varia de 0% a 30%, de acordo com o produto vendido. Isso pode ser consultado na TIPI (Tabela de incidência do Imposto sobre produtos industrializados). Para fazer o cálculo do IPI, basta saber a alíquota sobre a mercadoria vendida e aplicar a seguinte fórmula:

$$\text{IPI} = \text{Base de cálculo (Valor do produto + Frete + Seguro + Outras Despesas Acessórias)} * (\text{Alíquota} / 100)$$
 (FAZCOMEX, 2021).

3.6.2.3 Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)

O ICMS é um tributo estadual, portanto, cada unidade federativa tem liberdade para definir a sua alíquota. Para realizar o cálculo, também é usado o desembaraço da mercadoria importada como fato gerador. O seu cálculo é feito através da seguinte fórmula:

$$\text{ICMS} = (\text{Valor aduaneiro} + \text{II} + \text{IPI} + \text{PIS} + \text{COFINS} + \text{taxa Siscomex} + \text{despesas ocorridas até o momento do desembaraço aduaneiro}) \div (1 - \text{alíquota devida do ICMS}) \text{ (SILVA, 2021).}$$

No Quadro 1 mostra-se o percentual do valor do produto que o governo do estado recolhe na venda dos produtos com a NCM 8504.40.30, esses valores são diferentes em cada estado, não sendo cumulativo o fabricante tem que ter atenção para saber para onde o seu produto vai ser vendido, e quanto de ICMS foi pago em suas matérias primas, pois o ICMS pago na matéria prima é revertido em crédito no produto acabado, tendo o consumidor pago o ICMS apenas uma vez no valor final do produto.

Quadro 1 Percentuais do ICMS por estado.

DESTINO																											
	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MT	MS	MG	PA	PB	PR	PE	PI	RN	RS	RJ	RO	RR	SC	SP	SE	TO
O	AC	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
R	AL	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
I	AM	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
G	AP	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
E	BA	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
M	CE	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	DF	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	ES	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	GO	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	MA	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	MT	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	MS	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	MG	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		7	7	12	7	7	7	12	12	7	7	12	12	7
	PA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PB	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PR	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7		7	7	7	12	12	7	7	12	12	7	7
	PE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PI	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12
	RN	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12
	RS	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7		12	7	7	12	12	7	7
	RJ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7	12		7	7	12	12	7	7
	RO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12
	RR	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12
	SC	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7	12	12	7	7		12	7	7
	SP	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	12	7	7	12	7	7	7	12	12	7	7	12		7	7
	SE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	TO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fonte: MENEZES (2021).

Durante a pandemia o governo teve uma considerável redução na arrecadação do ICMS, por essa razão elevou em 1,3%, ou seja, de 12% para 13,3% o valor do ICMS de vários itens, entre eles estão os itens da NCM 8504.40.30.

No que se refere ao pacote de ajustes fiscais relativo ao ICMS, a Lei nº 17.293/2020 em seu § 1º do artigo 22 passa a considerar benefício fiscal alíquota fixada em patamar inferior a 18% (MARTINEZ, 2021).

No Quadro 2 é apresentada a alteração da alíquota de ICMS no estado de São Paulo.

Quadro 2 ICMS no Estado de São Paulo.

Alteração de carga tributária			
Item	Alíquota atual	Alíquota nova	Base legal
	Vigência até 14.01.2021	Vigência a partir de: 15.01.2021	
Produtos constantes da Res. 04/98 e 31/08	12%	13,3%	Decreto 65.253/20

Fonte: GOV.SP, adaptada (2021).

3.6.2.4 Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição Para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS)

O PIS e COFINS sobre importação são regulados pela Lei 10.865/2004. Ela prevê o recolhimento desses tributos em situações de entrada de bens estrangeiros no território nacional. Ou ainda com o pagamento, o crédito, a entrega, o emprego ou a remessa de valores a residentes ou domiciliados no exterior como contraprestação por serviço prestado.

A base de cálculo é o valor aduaneiro da operação e as alíquotas são:

- 2,1% para o PIS-Importação.
- 9,65% para a COFINS-Importação.

Entretanto, essas alíquotas podem ser diferentes de acordo com situações específicas previstas na legislação. (SILVA, 2021)

3.6.2.5 Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS)

O ISS é um imposto municipal cobrado sobre a prestação de serviços. Portanto, todas as empresas que prestam serviço dentro do território nacional devem recolher esse tributo ao desenvolver suas atividades — com alíquotas que variam entre um município e outro.

Porém, nas situações em que ocorre a contratação de um serviço prestado por uma empresa localizada fora do país também é necessário recolher o ISS. Nesses casos, é considerada como base de cálculo do imposto o preço do serviço. Já a alíquota sobre a importação do serviço proveniente do exterior do País é de 5% — conforme a Lei Complementar 116/2003 (SILVA, 2021).

3.6.2.6 Imposto sobre Operações de Financeira (IOF)

O IOF é um imposto cobrado em operações de crédito, câmbio e seguros. Trata-se de um tributo utilizado pelo poder público com o objetivo de regular a economia – permitindo medir e intervir na oferta e demanda de crédito no país.

No caso dos negócios de importação, o imposto é devido sobre a compra de moeda estrangeira, na liquidação da operação de câmbio para pagamento da importação de serviços. A alíquota é de 6,38% e descontada na própria fatura do cartão de crédito (SILVA, 2021).

3.6.2.7 AFRMM

AFRMM é o Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante, trata-se de uma taxa que incide sobre o valor do frete cobrado pelas empresas brasileiras e estrangeiras de navegação que operam em porto brasileiro, de acordo com o conhecimento de embarque e o manifesto de carga.

A base de cálculo do AFRMM é o valor de frete e taxas informados no CE Mercante (que nada mais são que os dados do transporte, lançados no sistema). O percentual para cálculo é de 25%, acrescidos de R\$ 21,20 de taxas de utilização do sistema.

4 METODOLOGIA

4.1 Fonte de Dados

As fontes de dados utilizadas foram *sites* e livros que estão citados na secção 7 de referências.

Para a introdução, onde foi descrito o mercado para inversores de média tensão, foram consultados diversos *sites* pois para cada segmento (mineração, saneamento, petróleo e gás) existe os clientes específicos que divulgam em seus *sites* as informações para poder divulgar seus projetos.

As informações técnicas sobre os inversores de frequência foram retiradas da referência (FRANCHI, 2010), elas estão citadas no capítulo 3.

Para levantar os impostos e taxas aplicados aos inversores importados foi utilizado a referência (DEVIENNE, 2013). O referido trabalho trata de uma aplicação em um setor diferente, entretanto, também utiliza inversores de frequência. Desta forma, são classificados da mesma maneira, ou seja, com o mesmo NCM e, portanto, incidem os mesmos impostos.

No capítulo 5, em que são apresentados os resultados e discussão teve-se o auxílio do *site* da empresa ChinaGate (empresa de importação), onde Rodrigo Giraldelli descreve detalhadamente tempo de transporte e os tipos de transportes.

Para poder comparar os custos de venda de inversores fabricados no Brasil ou no exterior foi utilizado mais uma vez a referência (DEVIENNE, 2013). Para expor as motivações que levam empresas multinacionais a expandir o processo de fabricação a outros países foi utilizada a referência (PENA, 2021) e para explicar quem era a CEITEC (Centro Nacional de Tecnologia Eletrônica Avançada) e a falta que ela faz utilizou-se a referência (BRASIL DE FATO, 2020).

4.2 Técnicas de pesquisa

A técnica de pesquisa utilizada nesse trabalho foi o estudo de caso na forma descritiva. Estudo de caso é uma metodologia de pesquisa científica que observa e analisa situações reais em seu ambiente natural, podendo ser um ou mais objetos de investigação e que não haja

interferências ou manipulações. O estudo de caso ou *case* é utilizado para colocar em prática teorias, descrever uma determinada situação, testar ou gerar hipóteses.

Os estudos de caso poderão ser realizados em três formas distintas. São elas: exploratórias, descritivas ou analíticas. As exploratórias são estudos de caso que têm por premissa destacar ou colocar informações a respeito de situações em que existe uma menor clareza. As descritivas normalmente são baseadas por um ou mais objetos bem definidos, sendo a mais conhecida para a apresentação de *cases*. Por fim, as analíticas propõem reflexões para compreender ou refutar uma tese, partindo dos elementos de um ou mais casos escolhidos. Apesar da distinção entre as três formas serem claramente definidas, há uma área de sobreposição entre elas. A seleção por uma determinada forma de estudo de caso depende principalmente da escolha do tema e da pesquisa que se busca responder (DUBE; PARÉ, 2003).

Conforme os entendimentos de Dubé e Paré (2003) os aspectos a serem estimados na condução de um estudo de caso podem ser divididos em três grupos: planejamento, coleta de dados e análise de dados. O primeiro compreende os aspectos relacionados com a concepção da pesquisa, o segundo abrange o processo de coleta de dados e o terceiro considera os aspectos referentes ao processo de análise de dados.

4.3 Caracterização da empresa

Para este estudo foi selecionado uma empresa que atua no ramo da engenharia elétrica e é uma multinacional muito reconhecida pela atuação e desenvolvimento de novas tecnologias. Esta empresa tem diversas fábricas localizadas em Jundiaí, para este estudo será analisada a possibilidade de criar uma planta que seria anexa as fabricas já existentes no interior do estado de São Paulo, já que o complexo fabril de Jundiaí já existente comporta mais fabricas do que existe atualmente, contando com uma estimativa de 80 funcionários.

Essa empresa comercializa diversos tipos de equipamentos elétricos como inversores de baixa tensão, servomotores, transformadores, mas esse trabalho tem objetivo apenas de verificar a viabilidade de nacionalizar a produção dos inversores de frequência de média tensão.

Para fabricação de inversores de média tensão é necessário tecnologia avançada como a utilizada para fabricação de microchips em silício, que é a base de todo componente eletrônico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Importação do Inversores de Frequência

O primeiro ponto levado em consideração é o prazo de entrega. De acordo com Rodrigo Giraldelelli (2016), na importação por transporte aéreo o tempo total varia entre 10 e 15 dias. Esses dias são divididos entre tramites antes do embarque, trânsito, fiscalização aduaneira e entrega pela transportadora.

No Quadro 3 apresenta-se o tempo médio para transporte aéreo e marítimo para importação dos inversores de frequência.

Quadro 3 Tempo aproximado do transporte em dias.

	Aéreo	Marítimo
Tramites antes do embarque	3	2
Espera até o navio ser carregado		7
Trânsito	7	45
Descarregamento dos containers		2
Fiscalização aduaneira	3	10
Entrega pela transportadora	3	3
Total	16	69

Fonte: GIRALDELLI (2012) adaptada

Para tramitação antes do embarque são necessários três dias, para trânsito são sete dias, para a fiscalização aduaneira são três dias, para a entrega pela transportadora são mais três dias, com um total de dezesseis dias.

Já pelo mar o prazo é bem maior. A média de importação pelo mar varia entre 60 e 70 dias, no total. No mesmo Quadro (3) observa-se que com tramites antes do embarque são necessários dois dias, com espera até o navio ser carregado sete dias, em trânsito 45 dias, para descarregamento dos containers são dois dias, para fiscalização aduaneira são dez dias, para entrega pela transportadora mais três dias, ou seja, em torno de sessenta e nove dias, no total.

Esses prazos são aproximados, sempre pode haver imprevistos que atrasem a entrega.

O segundo ponto que torna a importação dos inversores menos competitiva é a carga de impostos aplicada. No Quadro 4 é mostrado um exemplo dos custos provenientes da importação.

Quadro 4 Custos provenientes da importação de inversores de frequência no ano 2021.

Itens – Custos	Inversor
Valor aduaneiro Valor dos itens importados Convertidos em R\$ acrescidos do Frete e Seguro	R\$ 10.000,00
(II) Imposto de importação (A x alíquota Imposto de importação)	14% R\$ 1.400,00
(IPI) Imposto sobre produtos industrializados (A x alíquota Imposto de importação)	15% R\$ 1.710,00
PIS (Conforme IN_SRFNº572)	1,65% R\$ 216,32
COFINS (Conforme IN_SRFNº572)	7,60% R\$ 1.052,38
SISCOMEX (sistema integrado de comércio exterior)	R\$ 180,00
AFRMM (Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante)	25% R\$ 250,00
Armazenamento	1% R\$ 100,00
Capatazia	R\$ 10,00
Despachante	1% R\$ 100,00
Subtotal	R\$ 15.018,70
ICMS Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços	13,3%
Fator	73,2%
Base de Cálculo	R\$ 17.322,61
Valor do ICMS	R\$ 2.303,91
Valor Total com Impostos e Taxas	R\$ 17.322,61
Valor Total de Impostos e Taxas	R\$ 7.322,61
% de Sobrecustos Devido a Impostos e Taxas	73,2%

Fonte: adaptada DEVIENNE (2013).

No Quadro 4 foi exemplificado quanto um produto importado é encarecido até chegar ao cliente final no Brasil utilizando os valores dos impostos e taxas vigentes no ano 2021.

Com aumento de 73,2% do custo do produto, o valor final desse produto fica pouco competitivo comparado a um produto produzido no Brasil. Dos 73,2% do custo de um inversor de R\$ 10.0000,00, 14% são com Impostos de Importação (II), 15% com impostos de produtos industrializados (IPI), 1,65% com Programa de Integração Social (PIS), 7,6% Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), 1,8% com Sistema a Integrado de Comércio Exterior (SISCOMEX), 2,5% de adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM), 1 % de Armazenamento, 0,1% Capatazia (atividade de movimentação de cargas e mercadorias nas instalações portuárias), Despachante 1% e 13,3% de Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Com um valor total de R\$ 7.322,61 de valor total de impostos, ou seja, 73,2% sobre custos devido a impostos e taxas, recolhidas por órgãos governamentais.

No Quadro 5 tem-se como objetivo evidenciar cada imposto aplicado aos inversores de frequência no Brasil de forma que facilite o entendimento de quanto cada um deles é relevante no valor final do produto.

Quadro 5 Impostos aplicados a inversores de frequência importados no Brasil.

Imposto/Taxa	Equipamento
Itens	Inversor NCM 8504.40.30
II	14%
IPI	15%
ICMS	Variável - ver próxima tabela
PIS	1,65%
COFINS	7,6%
AFRMM	25% do frete + R\$21,20
Taxa SISCOMEX	R\$185,00

Fonte: DEVIENNE, 2013 adaptada.

5.2 Custos referentes a impostos da venda de inversor de frequência nacional

No Quadro 6 é exposto o valor de cada imposto que incide na venda de um inversor de frequência no Brasil, os percentuais utilizados são os vigentes no ano de 2021.

Quadro 6 Custos e impostos pagos para venda inversor no Brasil no ano 2021.

Itens – Custos	Inversor
<u>Preço do produto</u>	R\$ 10.000,00
<u>(IPI) Imposto sobre produtos industrializados</u> (A x alíquota Imposto de importação)	15% R\$1.500,00
<u>PIS</u> (Conforme IN_SRFNº572)	1,65% R\$ 189,75
<u>COFINS</u> (Conforme IN_SRFNº572)	7,60% R\$ 888,42
Subtotal	R\$ 12.578,17
<u>ICMS</u> Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços	13,3%
Fator	45%
Base de Cálculo	R\$ 14.507,69
Valor do ICMS	R\$ 1.929,52
Valor Total com Impostos e Taxas	R\$ 14.507,69
Valor Total de Impostos e Taxas	R\$ 4.507,69
% de Sobrecustos Devido a Impostos e Taxas	45%

Fonte: DEVIENNE (2013) adaptada.

Com o levantamento de todos os custos que incidem na venda dos inversores de frequência, verificou-se um aumento de 45% no custo do produto. Dos 45% do custo de um inversor de R\$ 10.000,00, 15% com impostos de produtos industrializados (IPI), 1,65% com Programa de Integração Social (PIS), 7,6% Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e 13,3% de Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Com um valor total de R\$ 4.507,69 de valor total de impostos, ou seja, 45% sobre custos devido a impostos e taxas, recolhidas por órgãos governamentais.

5.3 Outros fatores

Foi realizado o levantamento de todos os pontos relevantes que influenciam a nacionalização da produção ou não, a empresa brasileira expos todos esses benefícios a sua matriz:

- Melhora no prazo de entrega (Quadro 4) e a diminuição nos custos (Quadro 3 e 5) que iriam aumentar significativamente a competitividade contra o fabricante nacional que hoje domina aproximadamente 80% do mercado.

Consequentemente a empresa por ser uma fabricante mundial com mais experiência do que a concorrente brasileira poderia liderar o mercado da América do Sul se trabalhasse com as mesmas condições de preço e prazo.

Em contrapartida após o resultado do estudo ser exposto a matriz essa então mostrou outros pontos que tornaram inviável a internalização da fábrica, esses pontos são:

- A falta de tradição na produção de tecnologia do país; falta de mão de obra qualificada para fabricar aparelhos eletrônicos.

Os principais objetivos de uma empresa multinacional quando desloca ou expande o seu processo produtivo para outros países são a busca por matérias-primas com fácil acesso, a obtenção de mão de obra mais barata, a redução do pagamento de impostos, entre outros. (PENA, 2021)

Entre as matérias-primas necessárias, estão chips e semicondutores e com o fim da Ceitec em 2020, única fabricante de chips e semicondutores da América Latina o Brasil não mais pode fornecer esses insumos básicos para a pretendida fábrica. A Ceitec era uma estatal que tinha um papel fundamental no avanço do país para a diminuir a importação de produtos de tecnologia, mas em 2020 o governo se desfez da estatal que diminuía o atraso nacional na indústria de tecnologia. As empresas multinacionais preferem colocar suas fábricas em países que possuam experiência e tradição no setor, pois assim não precisam fazer o investimento inicial. No caso da Ceitec, o investimento inicial foi de 800 milhões em duas décadas e mais 50 milhões por ano para cobrir a diferença entre receitas e despesas (BRASIL DE FATO, 2020).

Com a negativa da sede mundial buscou-se outras alternativas para poder ter a entrega de um produto competitivo no mercado da América do Sul. Desta forma, para amenizar o impacto dos onerosos impostos aplicados aos inversores importados, a empresa buscou entregar uma solução completa em painel onde o inversor vem acompanhado de outras partes menos

tecnológicas (lataria do painel, condutores, filtro de linha, ventilação adequada, chaves de acionamento, etc...) nacionais, assim o produto final terá custos de importação apenas em 30% da solução completa vendida ao cliente. Essa solução elimina 70% dos custos de importação que seriam pagos se a solução vendida ao cliente fosse totalmente importada. Isso torna a solução mais competitiva contra os concorrentes. Na Figura 39 é mostrado como um painel é composto por inversor de frequência e acessórios.

Figura 123 – Painel de média tensão com destaque para seu inversor de frequência



Fonte: (Leão Bombas, 2021).

Para produzir os opcionais que são a parte de menor valor comercial (lataria do painel, condutores, relés, fiação, botões, disjuntores etc.) no Brasil a empresa pode seguir dois caminhos: O primeiro é utilizar suas fabricas instaladas no país para fabricá-los, a segunda opção é encontrar parceiros comerciais que possam fabricar os produtos dentro das especificações necessárias para manter o padrão de qualidade da empresa.

Outro aspecto positivo de nacionalizar parte da produção é a melhoria da imagem da empresa com a divulgação de estar vendendo um produto que tenha sua maior parte é produzida no país, isso porque, movimentando a economia nacional gerando empregos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando uma pesquisa de regionalização é elaborada, é preciso analisar todas as possibilidades a serem alcançadas observando todos os cenários existentes. Existem diferentes maneiras de colocar este estudo em prática podendo começar até mesmo dentro de sua própria empresa.

Ao longo deste trabalho foram observados e analisados fatores relevantes como prazo, impostos incidentes na venda do inversor importado e do nacional e condições necessárias do país fornecer os insumos necessários a pretendida fábrica.

Analisando esses fatores foi possível identificar que o prazo e o custo seriam reduzidos, mas a falta de capacidade de fornecer matéria prima para a fábrica impossibilitou a nacionalização da produção.

Será necessário estudar as condições do mercado consumidor, a empresa concorrente observando todos os seus aspectos, a legislação vigente ou possíveis alterações e por último, mas não menos importante, quais seriam os benefícios oferecidos se alguma atitude, alterações ou mudanças fossem abordadas de maneiras diferentes.

Este levantamento é de extrema importância para comprovar que o trabalho a ser realizado é viável e irá obter resultados nos anos subsequentes ou se não trará os resultados esperados.

O objetivo deste trabalho foi explorar as atuais condições que uma empresa deve observar para a produção ou importação de conversores de frequência. Na empresa alvo deste estudo em específico foram analisados e viabilizados estes aspectos chegando-se à conclusão da inviabilidade da produção nacional dos conversores.

Desta forma, observou-se que a importação dos inversores é mais vantajosa para empresa em nível mundial pois apesar do menor prazo e custo de um item produzido no país, o Brasil não possui fornecedores de chips e semicondutores, sendo essa matéria uma matéria-prima essencial aos inversores de frequência. Foi decidido, finalmente, que os inversores continuariam a ser importados.

Referências

ABEGÁS. **Brasil e Argentina tem reunião sobre novo gasoduto bilionário.** Disponível em: <https://www.abegas.org.br/arquivos/77452>. Acesso em: 23 abril 2021.

ABNT. **nbr_14039_instalacoes_eletricas_média_tensao.** Disponível em: https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais/normas/nbr_14039_instalacoes_eletricas_media_tensao.pdf. Acesso em: 15 agosto 2021.

AECIPP. **CEARÁ: Obra da primeira usina de dessalinização de água do mar do Brasil é iniciada em Caucaia.** Disponível em: <http://www.aecipp.com.br/pt-br/noticias/ceara-obra-da-primeira-usina-de-dessalinizacao-de-agua-do-mar-do-brasil-e-iniciada-em>. Acesso em: 11 agosto 2021.

ATSUMI, Y.; FRANÇA, R.; SEGALIS, G.;. **Fundamentos de exportação e importação no Brasil.** Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/17553/material/FUNDAMENTOS%20DE%20EXPORTA%C3%87%C3%83O%20E%20%20IMPORTA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 15 agosto 2021.

BIM, Edson. **Máquinas Elétricas e Acionamento uma introdução.** 2ª. ed. São Paulo: Elsevier, 2012.

BONFADINI, José Armando Gomes. **Política de nacionalização do material de defesa no Brasil.** Marítima Brasileira, vol. 113, n. 4-6, pp. 193-206, abril/junho. 1996.

BRASIL DE FATO. **Extinção da Ceitec pelo governo Bolsonaro será mais cara do que mantê-la funcionando.** Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/07/27/extincao-da-ceitec-pelo-governo-bolsonaro-sera-mais-cara-do-que-mante-la-funcionando>. Acesso em: 24 abril 2021.

CBIE. **QUANTAS PLATAFORMAS DE PETRÓLEO TEMOS NO BRASIL?** Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/quantas-plataformas-de-petroleo-temos-no-brasil/>. Acesso em: 22 abril 2021.

DESTERRO. **Partida e Reversão de motor com inversor de frequência.** Comando local remoto. 2019. Disponível em: <https://www.asterroeletricidade.com.br/blog/eletrica/partida-e-reversao-de-motor-com-inversor-de-frequencia-comando-local-e-remoto/>. Acesso em: 11 ago.2021.

DEVIENNE, Roberto. **Condições de Importação de Equipamentos de Mini & MicroGeração Distribuída Fotovoltaica no Brasil.** Disponível em: https://www.americadosol.org/wp-content/uploads/2013/08/estudo_importacao.pdf. Acesso em: 15 ago.2021.

DIMENSIONAL. A Sonepar Company. Disponível em:

<https://www.b2c.dimensional.com.br/inversor-24v-0-8a-sinamics-cu310-2-pn-6sl30401la010aa0-siemens/p>. Acesso em: 16 maio 2021.

DUBÉ, L.; PARÉ, G. Rigor in information systems positivist case research: current practices, trends, and recommendations. *MIS Quarterly*, v.27, n.4, p.597-635, dec. 2003.

HARDMOB. Disponível em:

<https://www.hardmob.com.br/threads/596768-8-x-1-Selecao-alema-manda-doacoes-a-criancas-carentes-mas-Receita-Federal-retem-tudo/page2>. Acesso em: 23 setembro 2021.

FAZCOMEX. O que é Ex-Tarifário, como funciona, Onde solicitar. Disponível em:

<https://www.fazcomex.com.br/blog/ex-tarifario-o-que-e/>. Acesso em: 24 abril 2021.

FAZCOMEX. Tabela NCM o que é e onde consultar o código NCM. Disponível em:

<https://www.fazcomex.com.br/blog/tabela-ncm/#o-que-e-tabela-ncm>. Acesso em: 24 abril 2021.

FAZCOMEX. TEC (Tarifa Externa Comum): O que é. Disponível em:

<https://www.fazcomex.com.br/blog/tec-o-que-e/>. Acesso em: 24 abril 2021.

FRANCHI, Claiton Moro. **Inversores de Frequência: Teoria e Aplicações**, 2. ed., São Paulo: Érica, 2010.

GASNET. O SITE DO GÁS NATURAL E GNV. Disponível em:

<https://www.gasnet.com.br/Pages/GasodutosEmOperacao>. Acesso em: 23 abril 2021.

GIRALDELLI, Rodrigo. Importação: tempo de transporte entre Brasil e China. Disponível em:

<https://chinagate.com.br/tempo-de-transporte-brasil-e-china/>. Acesso em: 15 agosto 2021.

GOV.BR. FATURAMENTO DO SETOR DE MINERAÇÃO NO BRASIL TERÁ ALTA DE 36% EM 2020. Disponível em:

<https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2021/fevereiro/faturamento-do-setor-de-mineracao-no-brasil-tem-alta-de-36-em-2020>. Acesso em: 2 junho 2021.

GOV.BR. GOVERNO DESTINARÁ R\$829 MILHOES PARA PROJETOS EM SANEAMENTO BASICO EM TODO O PAÍS. Disponível em:

<https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/12/governo-destinara-r-829-milhoes-para-projetos-de-saneamento-basico-por-todo-o-pais>. Acesso em: 24 abril 2021.

GOV.SP. Resolução SF 4 de 1998. Disponível em:

<https://legislacao.fazenda.sp.gov.br/Paginas/resf041998.aspx>. Acesso em: 29 agosto 2021.

GOV.SP. Resolução SF 4 de 1998. Disponível em:

<https://legislacao.fazenda.sp.gov.br/Paginas/resf312008.aspx>. Acesso em 29 agosto 2021.

HERGEN. **INVERSORES DE FREQUENCIA DE MEDIA TENSAO**. Disponível em: <https://www.hergen.com.br/produtos/papeis-tissue/>. Acesso em: 22 abril 2021.

Invest & Export Brasil. **Fluxograma do processo de importação / Invest & Export Brasil**. Disponível em: http://www.investexportbrasil.gov.br/sites/default/files/visio-processo_de_importacao_v6_0.pdf. Acesso em: 24 abril 2021.

LEÃO BOMBAS. **Inversor de Frequência – CFL / Painéis de comando**. Disponível em: <https://leao.com.br/produtos/pain%C3%A9is-acionadores/pain%C3%A9is-de-comando/inversor-de-frequ%C3%Aancia-cfl/>. Acesso em: 16 setembro 2021

LINO, Lucas. **O que é um inversor de frequência?** 2017. Disponível em: <https://www.getrotech.com.br/loja/Artigos/o-que-e-um-inversor-de-frequencia/>. Acesso em: 17 janeiro 2021.

MARTINEZ, Micael. **ICMS-SP: Aumento da carga tributária não afeta a base de cálculo do diferencial de alíquotas**. Disponível em: <https://www.contabeis.com.br/artigos/6624/icms-sp-aumento-da-carga-tributaria-nao-afeta-a-base-de-calculo-do-diferencial-de-aliquotas/>. Acesso em: 29 agosto 2021

MENEZES, Marcela. **Tabela ICMS 2021 alíquota do ICMS por estado brasileiro**. Disponível em: <https://www.diariodenatal.com.br/tabela-icms-2021/>. Acesso em: 29 agosto 2021

MENEZES, Pedro. **O que é estudo de caso? Exemplos e como fazer**. Significados. Disponível em: <https://www.significados.com.br/estudo-de-caso/>. Acesso em: 24 abril 2021.

NR 10. **Classificação de tensão - SS Treinamentos**. Disponível em: [https://sstreinamentos.com.br/2020/09/17/nr-10-classificacao-de-tensao/#:~:text=Extra%2DBaixa%20Tens%C3%A3o%20\(EBT\)%3A,n%C3%A3o%20causando%20les%C3%A3o%20ao%20trabalhador.](https://sstreinamentos.com.br/2020/09/17/nr-10-classificacao-de-tensao/#:~:text=Extra%2DBaixa%20Tens%C3%A3o%20(EBT)%3A,n%C3%A3o%20causando%20les%C3%A3o%20ao%20trabalhador.) Acesso em: 15 agosto 2021.

PENA, Rodolfo Alves. **Expansão das multinacionais**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/expansao-das-multinacionais.htm>. Acesso em: 17 setembro 2021.

PERPÉTUO, Leonardo. **INVERSOR DE FREQUÊNCIA**. Disponível em: <http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/000008/000008bd.pdf>. Acesso em: 24 janeiro 2021.

RODRIGUES, Marcelo. **Tecnologia em Eletrotécnica Industrial: Acionamentos e Comandos Industriais**. Belém: IFPA, 2010.

ROMTEC. **MVW01 inversores de frequência média tensão**. Disponível em:

<https://www.romtec.com.br/drives/mvw01-inversores-de-frequencia-media-tensao/>. Acesso em: 24 abril 2021.

SALES, Raquel. **Motor elétrico descubra a seguir o que é e como funciona**. Sales, 2020.

Disponível em:

<https://blog.acoplastbrasil.com.br/motor-eletrico/>. Acesso em: 17 janeiro 2021.

SANTOS, R. S.; BARBOSA, J. J. **Template para produção de trabalhos acadêmicos na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira**, Unesp. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Biblioteca, 2021. 40 p.

SILVA, Vinícius Macedo. **Impostos sobre importação: conheça-os e aprenda a calcular**.

Disponível em:

<https://blog.maino.com.br/impostos-sobre-importacao-conheca-os-e-aprenda-a-calcular/>

Acesso em: 6 de junho 2021.

SISCOMEX. **Siscomex Importação Web**. Disponível em:

http://www1.siscomex.receita.fazenda.gov.br/siscomexImpweb-7/login_cert.jsp. Acesso em: 24 abril 2021.

SOUZA, Antônio. **O petróleo e gás brasileiro vão bem, obrigado**. EDBR.COM. Disponível em:

<https://epbr.com.br/o-petroleo-e-gas-brasileiro-va-o-bem-obrigado-por-antonio-souza/>.

Acesso em: 11 agosto 2021.

SUETAKE, Marcelo; SILVA, Ivan Nunes da; GOEDTEL, Alessandro. **Controlador Escalar Fuzzy V/F de Velocidade de Motores de Indução**. Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/utilizando-inversores>. Acesso em: 15 agosto 2021.

TADIM, Kelvis. **O impacto das leis de incentivo na indústria 4.0**. Disponível em:

<https://www.migalhas.com.br/depeso/318091/o-impacto-das-leis-de-incentivo-na-industria-4-0>.

Acesso em: 15 agosto 2021.

TECwin. **tecwinweb.aduaneiras.com.br**. Disponível em:

<https://tecwinweb.aduaneiras.com.br/Modulos/CodigoNcm/CodigoNcm.aspx?codigoNcm=85044050>

Acesso em: 6 de junho 2021.

TOMAZZI, José. **O que é um Inversor de Frequência**. Disponível em:

<https://memt.com.br/blog/?p=414>. Acesso em: 24 janeiro 2021.

TORO, VINCENT DEL. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Tradução de Onofre de Andrade Martins. 1ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

VEROTTI, Angelo. **Do etanol ao açúcar**. UDOP, 2020. Disponível em:

<https://www.udop.com.br/noticia/2020/6/9/do-etanol-ao-acucar.html#:~:text=J%C3%A1%20o%20segmento%20do%20a%C3%A7%C3%BAcar,feito%20a%20partir%20do%20milho>. Acesso em: 22 abril 2021.

UXComex. **Entenda a Lei do Similar Nacional**. Disponível em: <https://uxcomex.com.br/2020/10/entenda-a-lei-do-similar-nacional/>. Acesso em 24 abril 2021.

WEG. **static.weg.net**. WEG, 2021. Disponível em: https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h82/ha6/50009273_portuguese_web.pdf. Acesso em: 24 abril 2021.

WEG. **Motores eficientes geram economia para a indústria**. WEG, 2019. Disponível em: <https://valor.globo.com/patrocinado/weg/weg/noticia/2019/12/02/motores-eficientes-geram-economia-de-energia-na-industria.ghtml>. Acesso em: 17 janeiro 2021.

WEG. **MVW01-inversor-de-frequencia-de-media-tensao-10413103-catalogo-pt.pdf**. WEG, 2020. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h5e/h62/WEG-MVW01-inversor-de-frequencia-de-media-tensao-10413103-catalogo-pt.pdf>. Acesso em: 24 abril 2021.