



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE**

Rafael Canal

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO PARA UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE
DADOS PARA MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA DE CÉLULAS
DE COMBUSTÍVEL MICROBIANAS**

Araranguá/SC

2021

Rafael Canal

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO PARA UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE
DADOS PARA MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA DE CÉLULAS
DE COMBUSTÍVEL MICROBIANAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
Bacharelado em Engenharia de Computação para
a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de
Computação.

Orientador: Prof. Dr. Juarez Bento da Silva

Araranguá/SC

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Canal, Rafael

Proposta de implementação para um sistema de aquisição de dados para monitoramento da produção energética de células de combustível microbianas / Rafael Canal ; orientador, Juarez Bento da Silva, 2021.

61 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Engenharia de Computação, Araranguá, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Computação. 2. Sistema de Aquisição de Dados. 3. Monitoramento de Células de Combustível Microbianas. I. Silva, Juarez Bento da. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Computação. III. Título.

Rafael Canal

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO PARA UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE
DADOS PARA MONITORAMENTO DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA DE CÉLULAS
DE COMBUSTÍVEL MICROBIANAS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado aprovado para a obtenção do título de “Bacharel em Engenharia de Computação” e aprovado em sua forma final pelo Bacharelado em Engenharia de Computação.

Araranguá, 13 de maio 2021

Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Ourique
Coordenador

Banca Examinadora

Prof. Dr. Juarez Bento da Silva
Orientador

Profa. Dra. Andréa Cristina Trierweiller

Profa. Dra. Elise Sommer Watzko

Este trabalho é dedicado a todos pesquisadores que, apesar de serem subvalorizados em nosso país, buscam arduamente contribuir com a ciência e sua disseminação.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer aos meus pais por terem me dado a oportunidade de estudar, por entenderem as mudanças que precisei fazer nesse período para fazer parte da Universidade Federal de Santa Catarina e pelo incentivo dado desde a época do ensino médio/técnico no Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

As pessoas queridas que fizeram parte da minha vida nesse período, minha namorada, meu falecido avô, minha avó, todos me ajudaram muito, fossem com uma conversa com tom de orgulho pelas minhas escolhas, com afago em momentos não tão agradáveis nessa jornada ou então apenas com os braços abertos e um sorriso no rosto sempre que voltava para casa visitá-los.

A todos os amigos e colegas que compartilharam de momentos comigo, o time de softball Araras, o time do sintético, sem esse convívio no dia a dia a vida acadêmica fora de casa teria sido muito mais difícil.

O professor Dr. Juarez Bento da Silva por ter aceito o desafio de orientar um trabalho que, em teoria, seria prático, mas precisou ser adaptado para ser desenvolvido remotamente devido a pandemia mundial de Covid-19. Não poderia deixar de citar o Laboratório de Processos Biotecnológicos Inovadores na Produção de Energia por ter oportunizado a realização desse trabalho.

Ademais, também sou grato ao Laboratório de Experimentação Remota no qual pude participar com projetos de extensão e ao Laboratório de Tecnologias Computacionais pelos projetos de iniciação científica. Essas experiências me engrandeceram como acadêmico, profissional e, principalmente, como ser humano, todas elas contribuíram profundamente na minha graduação e na vivência que tive dentro da Universidade.

RESUMO

Com o aumento populacional e a crescente urbanização, as fontes de alimento, água e energia vêm sendo poluídas e até mesmo se esgotando. Por conseguinte, a demanda energética vem continuamente alcançando patamares maiores, acarretando uma preocupação mundial relacionada à escassez de recursos e instigando novas pesquisas na busca por fontes alternativas e sustentáveis. O Laboratório de Processos Biotecnológicos Inovadores (PROBIOTEC), da Universidade Federal de Santa Catarina tem realizado estudos e pesquisas relacionados a produção de energia e a aplicação de Células de Combustível Microbianas (CCMs). As CCMs são apontadas por diversos pesquisadores como uma tecnologia com potencial de geração de energia a partir de substâncias orgânicas, desde resíduos de rios e lagos, até dejetos vindos de produções agrícolas. Dessa forma, além de ser uma fonte produtora de energia, também pode tratar resíduos, dando assim uma função para estes. Neste documento foi proposto um sistema digital de código aberto para aquisição de dados e monitoramento da produção energética de CCMs. A opção metodológica recaiu sobre o Design Science Research (DSR), pela ênfase que ela dá na definição clara do problema e na importância da geração de artefatos inovadores como possíveis soluções. Constituindo-se, assim, em um eficiente mecanismo de apoio ao desenvolvimento de sistemas de informação, na forma de artefato. O resultado obtido foi a proposta de implementação de um sistema de aquisição de dados para o monitoramento de características que permite aos interessados visualizarem a quantidade de energia produzida pelas células de combustível microbianas, indicando também qual a urgência de ações de controle sobre o sistema, como uma realimentação de substrato ou calibragem do sistema. A etapa de testes e validação do modelo implementado foi impactada pelas restrições de acesso à UFSC, impostas pela pandemia de Covid-19. Neste sentido, o número de testes experimentais presenciais no sistema foi reduzido significativamente. Por outro lado, a barreira de acesso ao ambiente laboratorial, enfatizaram a importância de um sistema de monitoramento remoto das células. Apesar das dificuldades encontradas nos testes presenciais, o trabalho desenvolvido apresenta um sistema digital de código aberto que possibilita a aquisição de dados das CCMs, podendo contribuir para a construção de modelos para avaliar o comportamento das células nos mais diversos ambientes e analisar a viabilidade de implementação da tecnologia em determinadas aplicações, graças ao banco de dados criado, contribuindo assim para a geração de conhecimentos.

Palavras-chave: Sistema de Aquisição de Dados. Monitoramento de Células de Combustível Microbianas.

ABSTRACT

With population growth and increasing urbanization, sources of food, water and energy have been polluted and even depleted. As a result, energy demand has continually reached higher levels, leading to a worldwide concern related to the scarcity of resources and instigating new research in the search for alternative and sustainable sources. The Innovative Biotechnological Processes Laboratory (PROBIOTEC), from the Federal University of Santa Catarina has conducted studies and research related to energy production and application of Microbial Fuel Cells (MFCs). The MFCs are pointed out by several researchers as a technology with the potential to generate energy from organic substances, such as waste from rivers, lakes and even from agricultural production. Thus, besides being an energy-producing source, it can also treat waste, giving it a function. In this document, a digital open-source system for data acquisition and monitoring of the MFCs energy production was proposed. The methodology chosen was Design Science Research (DSR), because it emphasizes the clear definition of the problem and the importance of generating innovative artifacts as possible solutions. Therefore, it is an efficient support mechanism for the development of information systems, in the form of an artifact. The result obtained was the implementation proposal of a data acquisition system that performs constant monitoring of characteristics that allows interested parties to visualize the amount of energy produced by microbial fuel cells, also indicating the urgency of control actions on the system, such as substrate feedback or system calibration. The testing and validation stage of the implemented model was impacted by the restrictions on the access to UFSC, imposed by the Covid-19 pandemic. Thereby, the number of experimental tests in person, has been significantly reduced. Conversely, the barrier of access to the laboratory environment emphasized the importance of a remote cell monitoring system. Despite the difficulties encountered in the tests, the project presents a digital open-source system that enables the acquisition of data from MFCs, which can contribute to the construction of models to assess the behavior of cells in the most diverse environments and analyze the feasibility of implementation technology in certain applications, thanks to the database created, therefore contributing to the generation of knowledge.

Keywords: Data Acquisition System. Monitoring of Microbial Fuel Cells.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Processo de desenvolvimento.	14
Figura 02 - Identificação dos Objetivos	18
Figura 03 – Principais componentes de uma CC.	21
Figura 04 – Curva de polarização.	23
Figura 05 – Pirâmide de dados.	25
Figura 06 – Componentes básicos de um SI.....	25
Figura 07 – Componentes básicos de um SAD.....	27
Figura 08 – Exemplo de SAD utilizado em rodovias.	29
Figura 09 – Exemplo de SAD de sistema local.	29
Figura 10 – Esquema do processo de pesquisa da DSR.....	30
Figura 11 - Caracterização do Artefato	33
Figura 12 – Gastos com pesquisa científica no Brasil.....	37
Figura 13 – Arquitetura padrão utilizada no RExLab para laboratórios remotos.	39
Figura 14 – Módulo de Aquisição e Controle e conversor RS-485 para USB.	41
Figura 15 – Módulo de aquisição e controle wt292.	43
Figura 16 – Esquema de conexão do wt292.	44
Figura 17 – Modulo sensor de tensão de 0-25V DC.	45
Figura 18 – Sistema implementado.....	46
Figura 19 – Modulo sensor de tensão de 0-25V DC.	46
Figura 20 – Células e sensores de tensão.	47
Figura 21 – Valores lidos nas células.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Caracterização dos Tipos de Artefatos	33
Quadro 02 – Lista das avaliações	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC Células de Combustível

CCM Célula de Combustível Microbiana

DC *Direct Current*

DSR *Design Science Research*

mA miliampere

PC *Personal Computer*

pH potencial Hidrogeniônico

ProBioTec Laboratório de Processos Biotecnológicos Inovadores na Produção de Energia

PWM *Pulse Width Modulation*

RExLab Laboratório de Experimentação Remota

SAD Sistema de Aquisição de Dados

SBC *Single Board Computer*

SI Sistema de Informação

UART *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

USB *Universal Serial Bus*

V Volt

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE QUADROS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
SUMÁRIO	12
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO	14
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1 Objetivo Geral	18
1.3.2 Objetivos Específicos	18
1.4 OPÇÃO METODOLÓGICA	19
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	19
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL	20
2.1.1 Célula de Combustível Microbiana	21
2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO	24
2.2.1 Sistema de Aquisição de Dados	26
3 METODOLOGIA	30
3.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	31
3.2 PROJETO E DESENVOLVIMENTO	32
3.2.1 Descrição do Artefato	32
3.3 AVALIAÇÃO	34
3.4 CONCLUSÃO.....	35

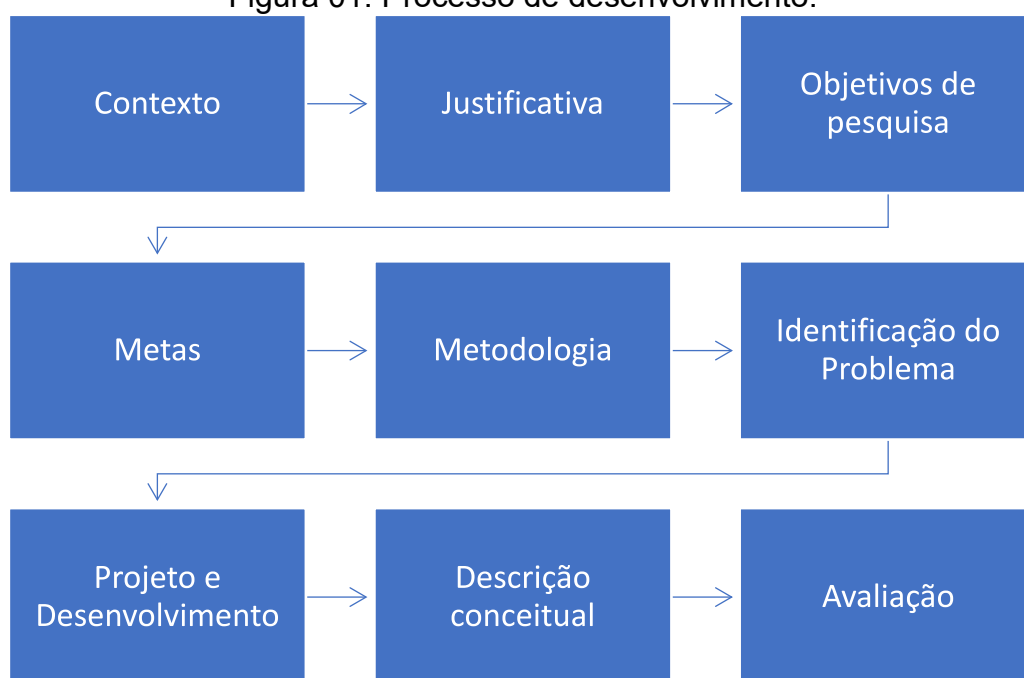
4 RESULTADOS.....	36
4.1 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS IMPLEMENTADO.....	39
4.1.1 Módulo SBC.....	40
4.1.2 Módulo de Aquisição e Controle.....	42
4.1.3. Sensores e atuadores	44
4.1.4 Módulo Hardware de Apoio	45
4.2 SISTEMA IMPLEMENTADO EM TESTES.....	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS.....	50
ANEXO A – Diagrama elétrico	53
ANEXO B – Registradores modBus.....	57

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o contexto, a problematização no qual se desenvolve o presente trabalho, como a justificativa, os objetivos e a metodologia utilizada para o desenvolvimento, a descrição e a posterior avaliação do mesmo.

A intenção deste capítulo é introduzir ao leitor o que será tratado no restante do documento, como forma de definir a estrutura organizacional do trabalho representada na Figura 01.

Figura 01: Processo de desenvolvimento.



Fonte: autor.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

Para Shaikh et al. (2020), a partir do advento da revolução industrial nossas fontes de alimento, água e energia vêm sendo poluídas e até mesmo se esgotando devido ao aumento populacional e a crescente urbanização. Por conseguinte, a demanda energética também alcançou patamares maiores, acarretando uma preocupação mundial relacionada à escassez de recursos e instigando novas pesquisas na busca por fontes alternativas e sustentáveis.

Para Ottoni et al. (2018), uma das tecnologias com potencial de aplicação é a das Células de Combustível Microbianas (CCMs), por poderem gerar energia a partir de substâncias orgânicas, desde resíduos de rios e lagos, até dejetos vindos de

produções agrícolas. Assim, além de serem uma fonte produtora, elas também fazem o tratamento de resíduos, dando uma função para eles.

Em seu trabalho, Yamashita et al. (2019) falam sobre a necessidade de monitoramento do aquecimento global e suas consequências e como as CCM podem ser consideradas para a aplicação dada sua capacidade de geração de energia em locais remotos, sem acesso a eletricidade, como fonte de energia para dispositivos de medição ambiental. É relatado que as CCM têm a capacidade de gerar energia para sustentar pequenos módulos e sensores como de temperatura, por exemplo.

Logan e Regan (2006) explicam que, há décadas, é sabido que bactérias podem criar eletricidade, mas o aumento no uso de CCM está relacionado a duas principais razões: a necessidade de novas fontes de energia e as descobertas recentes que auxiliaram no seu desenvolvimento da tecnologia, tanto em termos de produção como de economia.

As CCMs podem ser construídas de diversas formas, porém, no geral elas são compostas de duas câmaras, uma anaeróbica, onde fica localizado o anodo, e outra aeróbica, onde se encontra o catodo. Wendt, Götz e Linardi (2000) explicam que essa separação transcorre de forma que haja a movimentação de prótons em direção ao catodo, mas que não seja adicionado oxigênio (O_2) à parte do anodo. Na câmara anaeróbia acontece a oxidação e a formação de dióxido de carbono (CO_2), prótons e elétrons. Esses prótons então migram em direção à câmara aeróbia, e os elétrons são conduzidos para o catodo por meio do circuito externo; esse fluxo de elétrons gera uma corrente elétrica, que pode ser medida e acompanhada por um dispositivo exterior ao sistema.

Sua capacidade produtiva é intrinsecamente relacionada à população de bactérias utilizadas e seu respectivo metabolismo, de modo que a taxa de transferências de elétrons e, conseqüentemente, a geração de energia, dependem do extrato biológico em questão. Até o momento, seu mecanismo bioeletroquímico não é totalmente conhecido, principalmente pela variância entre cada tipo de cultura utilizada na célula. Alberton et al. (2015) introduzem que, embora sua produção seja limitada dada suas características, as CCMs são consideradas promissoras para o futuro, tanto por serem uma tecnologia sustentável, bem como por sua capacidade de crescimento ainda não ter sido totalmente explorada. Todavia, ainda precisa ser

melhor entendida e desenvolvida, de forma que elas venham a entregar os requisitos necessários para seu uso na resolução de problemas e no abastecimento de sistemas, aumentando assim sua aplicabilidade.

O presente trabalho está inserido dentro do Laboratório de Processos Biotecnológicos Inovadores na Produção de Energia (ProBioTec), onde são realizadas pesquisas e estudos sobre as CCMs. As pesquisadoras envolvidas no laboratório buscam entender de forma mais ampla como as células reagem a cada tipo de colônia de bactérias e aos substratos, como também materiais alternativos aos componentes, que podem ser usados, e um dos principais problemas encontrado é o acompanhamento que precisa ser feito para manter os sistemas produzindo de maneira eficiente.

Com o entendimento feito pelos autores supracitados, entende-se que, para ser plenamente entendida, as CCMs necessitam de um monitoramento constante das suas principais características, entre elas: corrente, tensão, potência e necessidade de realimentação. Inserido no contexto de pesquisa científica, fica o questionamento: “Como ter uma supervisão constante das características e da produção energética da CCM de forma que esses dados possam ser usados para o desenvolvimento da tecnologia?”.

Para isso se faz importante a utilização de um sistema de aquisição de dados, o qual faça o monitoramento contínuo, preferencialmente em tempo real, porque ele permite a avaliação da situação do projeto, de forma que os pesquisadores consigam verificar se todos os parâmetros esperados estão sendo alcançados e fazer medidas de correção para obter resultados melhores.

Ademais, o armazenamento desses dados também tem sua importância para que, posteriormente, sejam processados e transformados em modelos a serem utilizados pelos pesquisadores na idealização de aplicações, auxiliando no entendimento da tecnologia e na sua expansão.

1.2 JUSTIFICATIVA

Levando em consideração a contextualização feita no item anterior, é perceptível que o uso consciente de energia, preferencialmente as renováveis, são importantes para que o mundo sobreviva de forma sustentável e fazendo uso de fontes

limpas de energia. Nesse sentido, as CCMs têm capacidade de gerar eletricidade a partir de substâncias orgânicas e sem a liberação de gases tóxicos na atmosfera, além de não necessitarem de fontes instáveis como vento, água e luz solar, sendo possível sua aplicação aos mais diversos tipos de ambientes, em escala global.

No entanto, a quantidade de energia produzida pelas mesmas ainda é insuficiente para grandes aplicações e um dos principais entraves na sua otimização é o pouco conhecimento sobre a diferença produtiva entre os diversos tipos de substratos que podem ser utilizados. Essa lacuna de registro de dados e seu baixo processamento faz com que não haja muitas informações registradas sobre experimentos de longa duração e as variações encontradas durante os mesmos.

Gerhardt e Silveira (2009) explicam que a pesquisa, como um todo, busca gerar saberes novos, que sejam úteis para o avanço da ciência. Dentro dela, a pesquisa experimental foca na geração de conhecimento que possam ser aplicados na prática, direcionados a solução de problemas específicos e é feita com acompanhamento de experimentos e seus resultados, submetendo o estudo a diversos tratamentos diferentes a fim de identificar os efeitos em cada ambiente. Com isso, é importante que se tenham dados relativos aos estudos, sem eles a tecnologia não se desenvolve, mesmo sendo promissora.

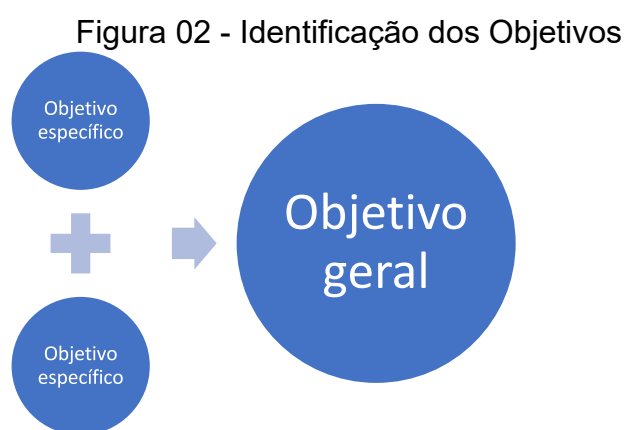
Dentro do ProBioTec, a necessidade incontinenti encontrada foi que as pesquisadoras precisam observar os efeitos das mudanças controladas a nível laboratorial sobre o perfil de geração energética nas CCMs. Para isso é de suma importância o monitoramento de potencial e correntes das células porque essas características permitem que se conheça a quantidade de energia produzida no momento e também indicam qual a urgência de ações de controle sobre o sistema, como uma realimentação de substrato.

Assim, se faz necessário um sistema de aquisição de dados para que o laboratório possa acompanhar ininterruptamente a produção energética das CCMs, proporcionando um melhor entendimento de como elas se comportam ao longo do tempo e em diferentes condições. Em razão disso, a necessidade de alterações no ambiente produtivo das células é mais facilmente identificada e auxiliaria os pesquisadores na correta manutenção do sistema, evitando que a produção de energia seja afetada e tornando viável seu uso em um maior número de aplicações.

Ademais, o armazenamento e a compilação das informações medidas viabilizam a construção de modelos direcionados a aplicações específicas, beneficiando os estudiosos da área e a sociedade como um todo, devido ao maior emprego da tecnologia e a redução de impactos ambientais causados por outras fontes de energia.

1.3 OBJETIVOS

Uma pesquisa tem por objetivo a resolução de um problema por meio de procedimentos científicos. Para isso, são definidas ações as quais visam auxiliar na busca pelo resultado. Com esse entendimento, os objetivos específicos de um projeto são aqueles pesquisados e que dão subsídio para o objetivo geral, como ilustrado na Figura 02.



Fonte: autor.

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um sistema digital aberto para aquisição de dados e monitoramento da produção energética de CCMs.

1.3.2 Objetivos Específicos

- OE.1. Estudar os fundamentos teóricos de um sistema de aquisição de dados para aplicação em CCMs;
- OE.2. Propor e modelar um sistema composto por hardware e software de código aberto;
- OE.3. Realizar testes de aquisição de dados e monitoramento das CCMs;

OE.4. Coletar dados e gerar informações sobre o comportamento das CCMs, no sistema implementado.

1.4 OPÇÃO METODOLÓGICA

Por ser um método de pesquisa voltado para o aprimoramento de uma ciência, foi escolhido a metodologia Design Science Research (DSR) para o desenvolvimento do projeto, sendo ela se baseada em um modelo proposto pela engenharia de produção. Para Lacerda et al. (2013), a DSR dá ênfase na definição clara do problema e na importância da geração de artefatos como possíveis soluções.

Para Barbosa e Bax (2015), a DSR é capaz de auxiliar os pesquisadores e estudiosos na criação de conhecimentos teórico acerca do problema, durante a construção dos artefatos, deixando explícito a importância dos mesmos perante a comunidade científica. Aken (2004) complementa que as classes dos problemas podem formar uma trajetória para o desenvolvimento do conhecimento em uma ciência de projeto.

De acordo com Hevner (2007), a DSR também pode ser utilizada como mecanismo de desenvolvimento de sistemas de informação, na forma de artefato. Para o autor, a ciência de projeto, envolvida na metodologia, bem como a ciência do comportamento, trazem o conhecimento necessário para ser realizada uma pesquisa em sistemas de informação. A ciência do comportamento trabalha com a pesquisa por meio do desenvolvimento de teorias que definem os fenômenos encontrados no projeto e, por outro lado, a ciência de projeto faz uso do desenvolvimento e avaliação de artefatos construídos para solucionar o problema em questão.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. Dentro da introdução, inicialmente é feita uma contextualização e problematização do problema, bem como a justificativa do estudo, seus objetivos e a metodologia escolhida. Após, o segundo capítulo trata sobre a revisão da literatura, trazendo o referencial teórico para o entendimento de células de combustível, sistemas de informação e relacionados. O terceiro capítulo explana a metodologia em si, apresentando os passos utilizados no desenvolvimento da solução, partindo da identificação do problema, seguindo para o

projeto da solução, seu desenvolvimento e posteriormente sua avaliação e a conclusão. No quarto capítulo são tratados os resultados obtidos no trabalho e como os objetivos foram alcançados, e no quinto e último capítulo, é feita a conclusão do trabalho. Por fim, são formalizadas as referências bibliográficas utilizadas no documento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesse tópico são abordados os principais conceitos necessários para um entendimento pleno do trabalho desenvolvido, com algumas informações históricas, sendo eles relacionados a células de combustível e sistemas de informação.

2.1 CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL

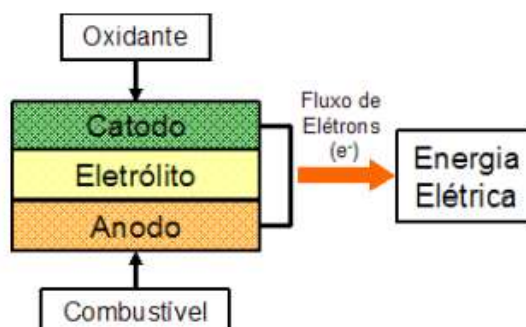
O princípio da célula de combustível (CC) foi identificado ainda no século XIX pelos cientistas britânicos William Nicholson e Anthony Carlisle, mas os estudos relacionados as CCs em si foram iniciados em torno de 1835 pelo cientista inglês William Robert Grove e, desde então, estudos têm relatados que elas podem ser produzidas com diversos tipos de materiais, variando em tipo (alcalina, membrana, cerâmica, entre outros), combustível utilizado e configuração. Ademais, possuem aplicações específicas definidas pelas suas características de produção.

A CC se assemelha, em princípio, a uma bateria de funcionamento contínuo, devida a sua capacidade de produzir corrente contínua a partir de processos eletroquímicos. Vargas et al. (2006) a conceituam como sendo um dispositivo eletroquímico que converte energia química diretamente em energia elétrica, por meio de um oxidante, sem a existência de movimentos mecânicos no seu interior, o que a torna segura e com uma grande vida útil.

A Figura 03 representa, de maneira geral, a estrutura de uma CC unitária composta por três componentes essenciais: um catodo, um anodo e um eletrólito. O primeiro é composto pelo oxidante (ex.: oxigênio), o segundo é alimentado pelo combustível a ser utilizado (ex.: hidrogênio), o qual sofre a ionização, por meio da reação catalítica, convertendo o hidrogênio em prótons e elétrons, e o terceiro é responsável pela separação dos anteriores, de maneira que permita o fluxo de prótons do anodo em direção ao catodo. A corrente elétrica é gerada pela circulação dos elétrons por um circuito externo, realizando trabalho dada à diferença de potencial

entre os eletrodos, e tem sentido ao polo positivo (catodo). Os prótons recebidos pelo catodo são recombinados com o oxigênio e com os elétrons, formando gotículas de água e liberando calor.

Figura 03 – Principais componentes de uma CC.



Fonte: Vargas (2006).

Em seu trabalho, Santos (2003) trata das principais vantagens e desvantagens do uso das CCs. Como vantagens, conclui que as CCs tendem a serem cada vez mais utilizadas devido a não produção de gases nocivos ao meio ambiente e a não liberação de partículas poluentes no ar, mesmo aquelas que utilizam de combustível fósseis. Ademais, elas podem ser construídas em pequenas unidades modulares, mas em grande escala, e serem facilmente transportadas e instaladas nos mais diversos ambientes. Já as desvantagens estão associadas aos custos de pesquisa, o conhecimento limitado acerca da tecnologia e, por terem uma capacidade de produção limitada e por vezes sendo preciso mais de uma unidade para suprir os níveis de consumo, é necessária a construção de uma pilha de CCs em série e qualquer falha no sistema que apoia essa junção pode comprometer a aplicação.

Feito o entendimento geral do princípio de funcionamento da CC e algumas de suas características, sabe-se que as CCs podem ser construídas de diversas formas, com diferentes propósitos e cada uma delas requerendo materiais e combustíveis específicos para funcionarem, como citado anteriormente, o subcapítulo a seguir tratará da CCM, o tipo de célula ao qual será direcionado o desenvolvimento do presente trabalho.

2.1.1 Célula de Combustível Microbiana

Na seção anterior foi explicado que as CC é um dispositivo eletroquímico que converte energia química em energia elétrica. Lehnem (2014) explica, em sua

dissertação de mestrado, que a CCM parte desse mesmo princípio, mas utiliza bactérias para fazer a oxidação do substrato na câmara anódica do sistema. O combustível da CCM é composto, majoritariamente, de massa orgânica, podendo ser resíduos agroindustriais, precipitações de lagos, entre outros, e essa, juntamente com o uso de bactérias, é uma das principais particularidades desse tipo de CC.

Rachinski (2010) explica que, no processo de decomposição da matéria orgânica, ocorre oxidação de forma anaeróbia, e que, em razão disso, elétrons são perdidos. Para a maioria desses sistemas, a oxidação ocorre pelo metabolismo microbiológico da CCM, produzindo energia por meio do processo bioeletroquímico e do movimento de elétrons da massa para um circuito extrínseco. Ao oxidarem a matéria em questão, as bactérias utilizam os elétrons resultantes da oxidação no seu metabolismo, que em seguida são transferidos para o anodo. Dali, os elétrons gerados deslocam-se, através de um condutor externo, em sentido ao catodo, onde é feita a redução do elemento presente na câmara catódica (ex.: ferrocianeto, oxigênio, entre outros), produzindo corrente elétrica.

Já os prótons produzidos no anodo deslocam-se para o catodo através do eletrólito, a membrana que separa os dois compartimentos como visto na Figura 3, balanceando assim as cargas e gerando uma diferença de potencial entre os dois eletrodos.

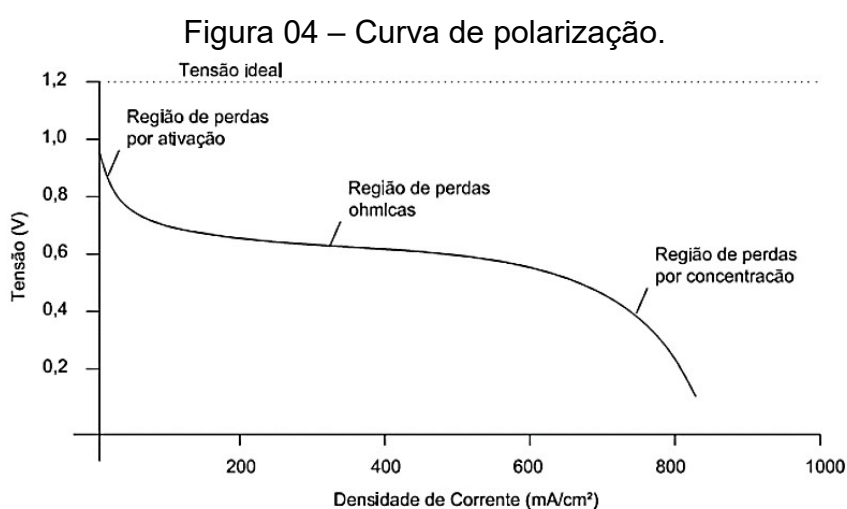
Para que a produção energética ocorra de forma efetiva, é necessário que haja boa condutividade e baixa resistência elétrica por parte do anodo, o mesmo não deve ser corroído pelo material utilizado no compartimento. Por outro lado, o catodo deve ter tendência em adquirir prótons, ou seja, um baixo potencial de redox¹.

Pesquisas com o intuito de otimizar a produção energética das CCMs têm ganhado evidência no meio acadêmico. Neethu et al. (2020) propuseram a melhoria do desempenho das células, objetivando uma melhor interação entre o ânodo e as bactérias por meio do uso de gotas de lodo com carvão ativo e Bhowmick et al. (2019) sugeriram o uso de catodos impressos com tinta condutora composta por Co_3O_4 ou Fe_3O_4 .

¹ Potencial de Redox é a tendência que um material tem em adquirir elétrons.

Para Lehnen (2014), a principal tarefa da CCM é tornar a energia química presente em um substrato eletronicamente inativo acessível para oxidação e, por consequência, sua conversão para energia elétrica. Como forma de tornar esse objetivo viável, o metabolismo das bactérias é utilizado. Todo processo envolvido no compartimento onde o anodo se encontra é relacionado a taxa de metabolismo anaeróbico e da taxa de transferência de elétrons da biomassa para o anodo.

O desempenho de uma CCM é correlacionado ao seu interior e suas perdas. Para que possa gerar energia, a célula precisa lidar com sua resistência interna, ou seja, produzir a tensão necessária para que haja o transporte de prótons e elétrons, uma vez que os condutores não são ideais. Juntamente a isso, ela utiliza parte do potencial do catodo para atingir a energia de ativação e romper a barreira que impede a redução do oxidante. Ademais, a célula também perde tensão dada a variação de concentração na superfície dos eletrodos. A Figura 04 ilustra a curva de tensão por densidade de corrente de uma CC genérica, conforme suas perdas.



Fonte: Larminie e Dicks (2003).

A autora supracitada também esclarece que o desempenho das CCMs, bem como de outras CCs, é diretamente determinado pela corrente, densidade de potência e pela taxa de oxidação do combustível em questão. Comprovando, assim, que a capacidade produtiva delas é determinada por condições definidas no reator, sendo ele limitado pela demanda de nutrientes e de água, diferenças nos materiais usados

nos eletrodos e pela resistência interna como um todo, ou seja, ele é limitado pelas configurações da célula em si.

Para que as CCMs sejam mais eficientes e tenham sua capacidade produtiva otimizada, ajustes no reator e no eletrólito são necessárias, visando diminuir a resistência interna do sistema.

Um exemplo de aplicação é tratado no trabalho de Yamashita et al. (2019). Eles realizam experimentos tendo as CCMs como fonte de alimentação para aplicações de transmissão e recepção de dados, utilizando módulos de transmissão Bluetooth² e LoRa³. O trabalho também serviu para monitorar a produção das células, que foram capazes de suprir o sistema com corrente de até 90mA.

2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO

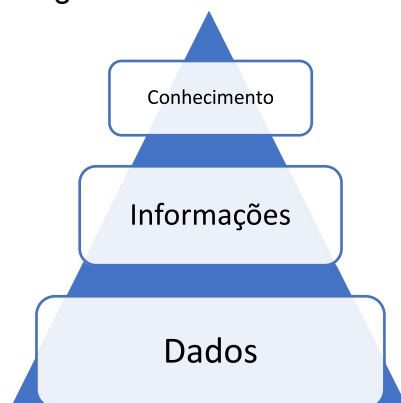
De modo geral, todo sistema que faz uso de dados para gerar informações e posteriormente um conhecimento pode ser considerado um sistema de informação (SI). Laudon e Laudon (1999) define um SI como sendo um conjunto de elementos que, quando relacionados, trabalham de forma unificada para coletar, processar, armazenar e distribuir informações, e tem como objetivo ajudar no controle, análise ou na tomada de decisões.

Com esse entendimento, é possível fazer um acompanhamento da transformação dos dados em conhecimento e sua relação quantitativa (Figura 05). Antes de passar pelo SI, os dados são uma grande base de fatos e números, na sua forma mais bruta, que servem de material para o sistema. Assim, eles são processados e transformados em informação, após servirem de entrada para o SI, e então resultam em um conhecimento para que o usuário possa aplica-lo no objetivo em questão.

² Bluetooth é um protocolo padrão de comunicação projetado para baixo consumo de energia com alcance de até 100 metros.

³ LoRa é um protocolo de comunicação de baixa potência com alcance de até 10km.

Figura 05 – Pirâmide de dados.



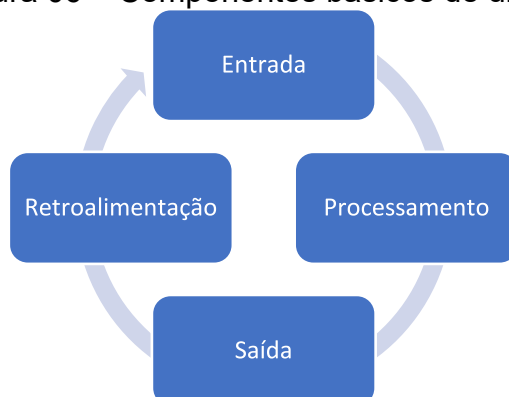
Fonte: autor.

Direcionando o conceito para o meio computacional, que é o ponto focal do trabalho, Turban, Mclean e Wetherbe (2004) definem que um SI é considerado baseado em computador quando utiliza de tecnologia computacional para executar tarefas. Este pode ser composto por *software*, *hardware*, pessoas, banco de dados, redes, entre outros, mas não necessariamente possui todos esses elementos.

Um SI baseado em computador, como outros tipos de SI, tem fases de execução, conforme Figura 06. Ele é composto basicamente por três fases: a primeira é a fase de entrada, onde são captados dados brutos, uma segunda fase chamada de processamento, na qual os dados coletados são aprimorados e resultam em uma informação, e a terceira fase é a de saída, nela são entregues as informações processadas para o usuário do sistema ou um próximo componente.

Esse ciclo pode ser retroalimentado ou não, dependendo da estruturação do sistema.

Figura 06 – Componentes básicos de um SI.



Fonte: Autor, adaptado de Turban, Mclean e Wetherbe (2004).

Para Guimarães e Évora (2004), a tomada de decisão caracteriza o desempenho de quem gerencia o projeto e deve ser feita com auxílio de um processo, seja o estudo do problema em questão a partir de um levantamento de dados, a análise de uma informação produzida ou propostas de soluções já conhecidas. Dessa forma, o apoio dado por um SI pode ser fundamental para que o responsável visualize de maneira mais clara as informações que ele tem à disposição, processadas a partir de dados adquiridos do cenário em questão.

Diante disso, é possível fazer uma relação entre o uso de informação com uma boa tomada de decisão. Assim, tendo informações produzidas por meio da coleta de dados, sejam do ambiente em que é implantado ou de externos, o SI é de fundamental ajuda nos mais diversos locais, em uma empresa, uma universidade ou em um laboratório de pesquisa, pois facilita a escolha do usuário devido ao processamento e os resultados que ele entrega.

Dado o entendimento geral sobre SI, o próximo subcapítulo descreverá um tipo específico, um sistema que além de receber e tratar dados, faz a coleta dos mesmos de maneira autônoma.

2.2.1 Sistema de Aquisição de Dados

Um sistema de aquisição de dados (SAD), propriamente dito, é um SI capaz de se autoalimentar com informações coletadas do ambiente em que está, ou seja, a etapa de entrada de dados descrita anteriormente é automatizada e o sistema é responsável pela coleta dos dados a serem processados.

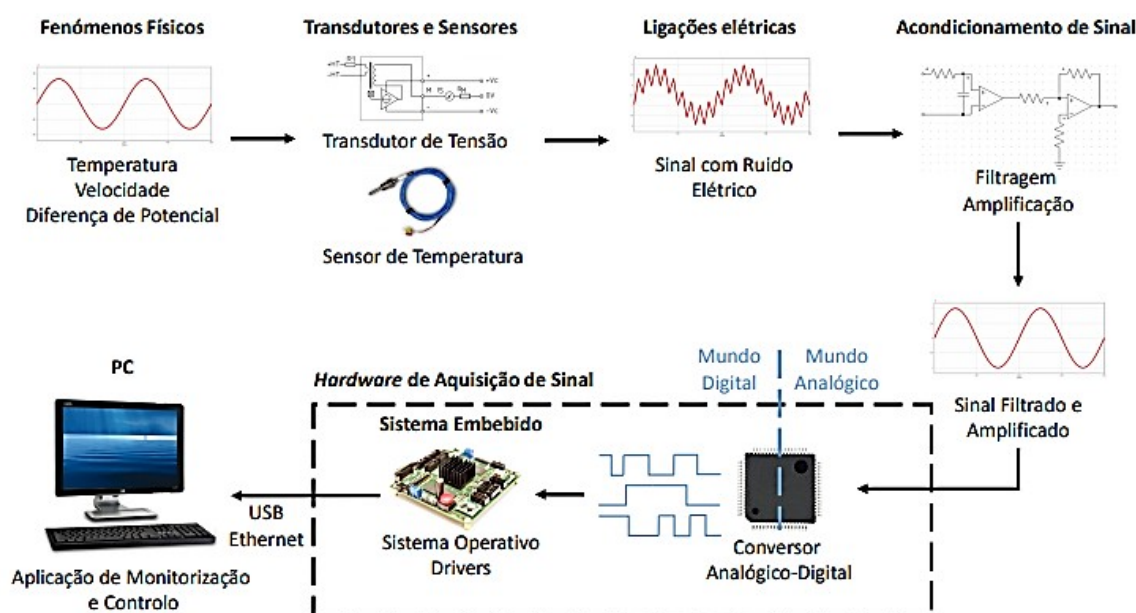
A primeira aparição de um sistema capaz de adquirir dados aconteceu em 1963 e foi um computador produzido pela IBM, o IBM 7700. Em seu trabalho, Oliveira (2013) faz um levantamento histórico e explica que, posteriormente, a principal desenvolvedora a fomentar esse tipo de sistema foi a National Instruments Corporation e, ao longo das últimas décadas, seus instrumentos se tornaram bastante conceituados por pesquisadores e cientistas devido a sua vasta linha de ferramentas de medição e processamento de dados disponível no mercado, sendo eles produtos de importação, falando do cenário brasileiro.

Em grande parte das aplicações desenvolvidas, fica por parte da equipe do projeto a integração de diversos mecanismos de medição e processamento para que

se forme um SAD personalizado para o uso específico, visto que os produtos à venda costumam ser genéricos quanto a sua utilização.

Para Oliveira (2013), a configuração do SAD voltada para um fim único torna o sistema preciso porque são levados em consideração todos requisitos específicos necessários para a aplicação, e os principais elementos que constituem um SAD são sensores, acondicionadores de sinais, hardware de aquisição de sinais e aplicação para monitoramento e controle (Figura 07).

Figura 07 – Componentes básicos de um SAD.



Fonte: Oliveira (2013).

A medição de dados pode ser descrita como uma captura de fenômenos do mundo real e, em sua maioria, são de natureza analógica, ou seja, sua variação pode assumir infinitos valores ao longo de um período de tempo. Entre os dados que podem ser medidas estão luminosidade, temperatura, deslocamento, tensão, entre outros, e todas essas grandezas são representadas por uma certa quantidade de energia, assim, são necessários os sensores para seu correto entendimento.

Os sensores são peças capazes de capturar essas medidas, transformando fenômenos reais em sinais elétricos, por exemplo: eles recebem uma quantidade de energia e convertem para tensão ou corrente. Esses sinais são transmitidos por

ligações elétricas, como cabos, e são tratados por um elemento chamado de condicionador.

O condicionador de sinal pode apresentar diversas características. Trabalhando como amplificador, ele é capaz de amplificar o sinal para melhorar sua qualidade e reduzir os ruídos captados pelos sensores. Se for utilizado como multiplexador, ele pode transmitir mais de um sinal utilizando um único equipamento, reduzindo a taxa de amostragem para cada um, porém, posteriormente, o sistema deve ser capaz de dividir e distinguir cada sinal. Já exercendo a função de um filtro, ele consegue remover sinais não desejados, com frequências de cortes definidas (tanto altas, como baixas) ele transmite apenas até determinado limite. Otimizando o sinal, o condicionador auxilia na conversão do sinal analógico em sinal digital, que é a linguagem na qual os computadores trabalham. Após, fica a encargo do sistema em si tratar as informações da forma que o usuário precisar.

Cada um desses elementos exerce uma função importante dentro do SAD, tornando as amostras medidas integras e confiáveis, para um melhor entendimento dos fenômenos estudados.

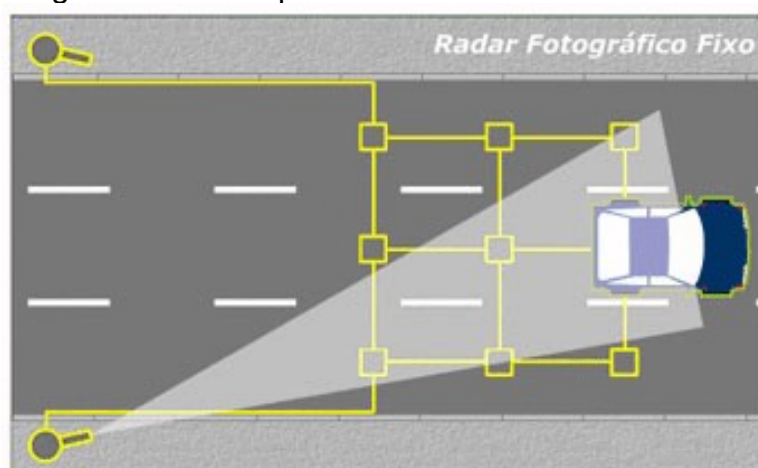
É possível classificar os SAD em dois grandes tipos: sistema local e sistema remoto. O primeiro costuma trazer o elemento de processamento de dados próximo aos elementos da aplicação, radares de trânsito fixos são um exemplo. Já o segundo é composto por algum tipo de transmissão de longo alcance e pode estar a vários quilômetros de distância, um exemplo são as estações meteorológicas que ficam espalhadas pelos mais diversos ambientes, inclusive no espaço por meio de satélites, elas fazem a coleta dos dados e transmite para que uma central faça o processamento e sirva informações compiladas com dados precisos sobre previsão do tempo para os operadores.

Um exemplo de SAD que pode ser encontrado no cotidiano são os equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade, o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem explica que eles são formados por sensores alocados nas rodovias com o intuito de calcular a velocidade de veículos. A Figura 08 ilustra um radar fotográfico fixo utilizado pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Rio de Janeiro, onde são dispostos três sensores em cada faixa de circulação. Ele utiliza os dois primeiros sensores para calcular a velocidade a partir da medição de dois

pontos e do tempo que o veículo leva para passar pelos mesmos, e faz uso dos dois últimos para confirmar a velocidade, o SAD então compara as duas medidas para ver se estão corretas e, caso sim e a velocidade esteja acima do permitido, aciona a captura da imagem pelas câmeras, enviando as informações para a central de infrações. A câmera utilizada para a captura de imagens dos veículos fica acoplada ao computador utilizado para os cálculos referidos.

Ademais, o SAD ainda armazena a quantidade de veículos que passa por ele durante o dia para que esses dados possam auxiliar o órgão no planejamento e gestão do trânsito.

Figura 08 – Exemplo de SAD utilizado em rodovias.



Fonte: http://www.der.rj.gov.br/lombadas_radares.asp acessado em 28/03/2021.

Na Figura 09 é apresentado um sistema de fiscalização eletrônica de velocidade utilizado em rodovias.

Figura 09 – Exemplo de SAD de sistema local.



Fonte: http://www.der.rj.gov.br/lombadas_radares.asp acessado em 28/03/2021.

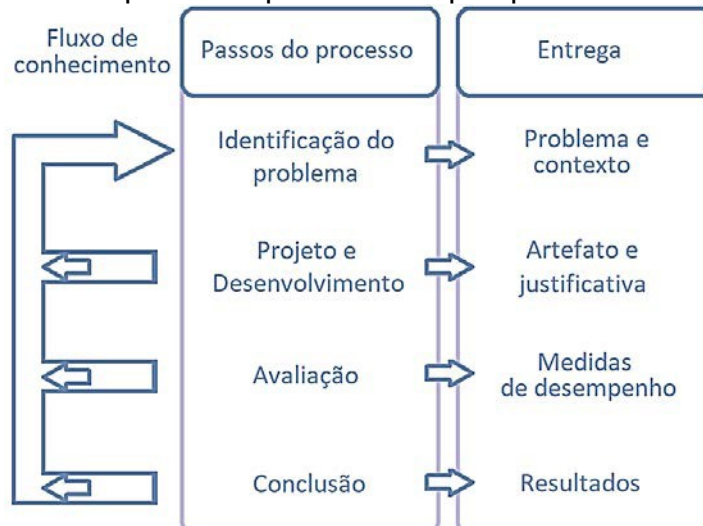
3 METODOLOGIA

Visto que o projeto está voltado para a pesquisa científica e construção de conhecimento, a metodologia escolhida para seu desenvolvimento foi o *Design Science Research* (DSR). Com ela, é possível elencar as atividades do projeto e determinar quais recursos são necessários para a execução do dele, refletindo a estrutura lógica utilizada no processo de investigação.

Para Hevner e Chatterjee (2010), a DSR é uma metodologia de pesquisa na qual o aplicador responde perguntas relevantes para problemas por meio da criação de artefatos inovadores, contribuindo assim com novos conhecimentos em forma de evidências científicas. O princípio fundamental da DSR é que o conhecimento e a compreensão de um problema e sua solução são adquiridos na construção e aplicação de um artefato, por isso eles são essenciais e de grande utilidade.

A Figura 10 ilustra os passos usualmente encontrados na bibliografia e que serão adotados no desenvolvimento do projeto.

Figura 10 – Esquema do processo de pesquisa da DSR.



Fonte: autor, adaptado de Vaishnavi, Kuechler e Petter (2019).

Dresch, Lacerda e Miguel (2015) explicam que na primeira etapa da DSR deve ser entregue a problematização, suas fronteiras e soluções aceitáveis, o objetivo é identificar com clareza o problema a ser tratado e o contexto onde o mesmo está inserido. Em um segundo momento, devem ser projetados e apresentados artefatos que auxiliem na solução em questão, selecionando um deles para avançar para a fase

de desenvolvimento. Nesse momento é de suma importância justificar a escolha do artefato, demonstrando a sua validade e a viabilidade de aplicação.

A terceira fase é de desenvolvimento, nela o artefato escolhido é construído e diferentes meios podem ser utilizados para isso: modelos gráficos, algoritmos, implementação de um SI, entre outros. Na quarta etapa da DSR o artefato é avaliado e tem por finalidade, justamente, avaliar o elemento desenvolvido e verificar como ele se comporta na função para a qual foi projetado, validando se o mesmo cumpre ao objetivo do trabalho.

A seguir serão apresentadas cada uma dessas etapas de maneira mais detalhada, bem como a forma que as mesmas foram aplicadas ao presente estudo.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Para Havner et al. (2004), os principais objetivos dessa etapa são identificar a problemática a ser tratada na pesquisa e entendê-la da maneira mais completa possível, definindo os passos necessários para sua resolução e a forma como o objeto de estudo funciona. Assim, é importante que a linha de pensamento utilizada na resolução esteja inserida no ambiente em questão e que as pessoas que lidam com o problema sejam envolvidas na busca pela solução.

Os autores também explicam que, nessa etapa, se forma o processo de investigação, sendo requisitada a análise de conceitos e relações do problema. Sendo assim, nessa fase também ocorre o entendimento teórico do entrave, sendo feito um levantamento de informações para que seja possível a construção de um caminho lógico que leve a resolução do mesmo.

No projeto desenvolvido foram realizadas visitas ao ProBioTec, inserido dentro da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Campus Araranguá, para o entendimento do ambiente e dos recursos disponíveis. Da mesma forma, foram feitas entrevistas com as pesquisadoras responsáveis pelos experimentos com o objetivo de compreender como eles são feitos e quais os entraves encontrados nas suas execuções. Ademais, realizou-se um estudo teórico sobre o comportamento das CCMs, de maneira que fosse possível uma visualização do funcionamento esperado das mesmas e quais os principais aspectos que influenciam na sua produção energética.

3.2 PROJETO E DESENVOLVIMENTO

Encerrada a etapa de identificação do problema, o próximo passo da metodologia é o início do projeto. Nessa etapa é feita a estruturação dos artefatos que podem solucionar o problema. Gregor e Hevner (2013) explica que um artefato pode ser uma teoria, um método, um modelo ou um SI.

Para isso, se fez necessário o levantamento dos requisitos essenciais do projeto e como eles podem ser alcançados, de forma que todas funcionalidades sejam compatíveis com o ambiente. A escolha do tipo de artefato parte do pesquisador, de acordo com os entendimentos feitos na etapa anterior.

Em seguida, ocorreu a etapa de desenvolvimento, nela um dos artefatos estruturados foi, de fato, construído para ser avaliado e testado. Como a DSR tem por finalidade a construção de conhecimento científico, o artefato implementado deve ser capaz de responder as perguntas que geravam o problema e, assim, solucioná-lo.

Essa etapa pode partir de protótipos ou elementos já utilizados previamente no ambiente em questão, visto que eles já supriam funcionalidades identificadas anteriormente. Dessa forma, dada a característica da pesquisa, são pensadas novas configurações para os mesmos, ou então sua aplicação em outras funções, respeitando suas licenças de uso.

No caso do projeto, com o estudo feito na etapa prévia, foi possível identificar que um dos artefatos que solucionaria o problema era um SI. Assim, foi feito um levantamento de requisitos junto às pesquisadoras do laboratório, identificando o que o sistema deveria monitorar e quais dados seriam tratados. Além disso, analisou-se as ferramentas já que vinham sendo utilizadas, propondo ajustes nas mesmas e outras formas de complementação para que todos requisitos fossem cumpridos.

3.2.1 Descrição do Artefato

Ainda referente as etapas de Projeto e Desenvolvimento do artefato, é feita uma descrição do mesmo. Nela, é possível identificar as principais diferenças entre a DSR e outras demais metodologias de pesquisa; nesse tópico o artefato é detalhado e todas suas funções são explicadas de maneira minuciosa.

Um artefato pode ser definido como algo desenvolvido ou construído pelo homem para alguma finalidade que evolui a partir do conhecimento gerado e de seu uso. Segundo Simon (1996):

“[...] um artefato pode ser considerado como um ponto de encontro – interface – entre um ambiente interno, a substância e organização do próprio artefato, e um ambiente externo, (isto é), as condições em que o artefato funciona [...]” (SIMON, 1996, p.29)

Ainda, o mesmo autor descreve de outra forma conforme esquematizado na Figura 11:

Figura 11 - Caracterização do Artefato



Fonte: autor, adaptado de Simon (1996)

A descrição também varia de acordo com o tipo de artefato construído e pode conter materiais didáticos, como manuais, guias de usuário, instruções de aplicação, entre outras. Vale ressaltar que nenhuma parte do artefato deve ser esquecida, pois, em termos de geração de conhecimento científico, cada detalhe é uma variante a ser considerada. O Quadro 01 tipifica os artefatos de acordo com os autores March e Smith (1995).

Quadro 01 - Caracterização dos Tipos de Artefatos

Constructos	Constructos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Constituem uma conceitualização utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções.
Modelos	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de design, os modelos representam situações como problema e solução. Um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.
Métodos	O método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos são baseados em um conjunto de constructos (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução.
Instanciações	Uma instanciação é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos e demonstram a viabilidade e eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Fonte: autor, adaptado de March e Smith (1995, p. 257-258)

No estudo desse trabalho, a descrição foi composta por documentos referentes a parte de software e a de hardware do SAD proposto, utilizando diagramas pré-existentes que tratavam do funcionamento de componentes que foram implantados no sistema. Além disso, fazendo uso do conhecimento de todos elementos que compõem o sistema e suas funcionalidades, foram criados novos diagramas.

Buscando destacar todas relações entre os elementos do sistema, como são na sua realidade e procurando detalhes e precisão no modelo, para que assim, o mesmo tivesse utilidade no entendimento da solução, o SAD foi modelado. Toda documentação relacionada aos componentes e suas características foram levados em consideração, fossem eles manuais técnicos disponibilizados pelos fabricantes ou guias de utilização.

3.3 AVALIAÇÃO

A avaliação do artefato criado é de suma importância para verificar se o comportamento dele é adequado e cumpra o propósito para o qual ele foi desenvolvido. De acordo com a metodologia DSR, essa é uma etapa fundamental do projeto e, para isso, são definidas ações a serem executadas para testar o desempenho do artefato no ambiente para o qual foi idealizado.

O Quadro 02 apresenta, de forma breve, quais são as avaliações a serem utilizadas no artefato e como serão feitas.

Quadro 02 – Lista das avaliações

Tipo de Teste	Descrição
COMPATIBILIDADE	Busca testar o sistema com diferentes tipos de CCMs.
USABILIDADE	Verifica se o sistema supre as necessidades dos usuários, sendo adaptável aos diferentes perfis que formam o laboratório (pesquisadores, alunos e bolsistas).
INTEGRIDADE	Visa garantir que os dados medidos não tenham sofrido qualquer alteração indevida e sejam uma representação verídica dos experimentos.
DISPONIBILIDADE	Tem o intuito de assegurar que os dados monitorados e as informações processadas estejam disponíveis para os usuários.
DESEMPENHO	Verifica se o SAD é capaz de fazer a aquisição dos dados a uma taxa aceitável pelos pesquisadores, de forma que possa gerar informações suficientes para análises futuras.
DOCUMENTAÇÃO	Avalia se a qualidade da documentação é suficiente para que os usuários entendam o funcionamento do sistema e se ela é clara o suficiente para que outros desenvolvedores possam dar manutenção ao SAD.

Fonte: elaborado pelo autor.

Além dos testes acima descritos, será feita uma avaliação experimental, partindo de aspectos técnicos e funcionais, na qual o artefato será objeto de observações de especialistas que contribuirão com opiniões para possam ser feitos refinamentos e aprimoramentos no sistema implementado. A validação da plataforma computacional construída estará sob tutela de especialistas na área de conhecimento específica da engenharia de energia.

Por ser baseado em análises de especialistas, o método Delphi⁴ foi escolhido para essa avaliação. Segundo Brás, Marques e Freitas (2018), ele pressupõe que dados e informações levantadas por especialistas são mais assertivas em comparação às feitas por outros grupos. Dessa forma, espera-se convidar especialistas com experiência na área de conhecimento do projeto para a realização de, pelo menos, duas rodadas de perguntas, onde se espera obter subsídios para validação do sistema computacional implementado.

3.4 CONCLUSÃO

Da mesma maneira que ocorre em diversas outras metodologias, a DSR finaliza suas etapas com uma conclusão, porém, de forma dissemelhante, ela não define o fim do projeto, mas sim o final de um ciclo. A DSR permite que o pesquisador retorne as etapas de projeto e desenvolvimento pois, como visto anteriormente, a metodologia pode criar mais de um artefato e se, ao final do processo, for verificado que ele não é suficiente para a solução do problema da forma esperada, podem-se repetir as etapas anteriores com outro artefato.

Dessa forma, é interessante que seja feita uma avaliação correta do artefato escolhido para que, na conclusão, seja possível identificar se ele cumpre com os objetivos propostos e contribui na geração de conhecimento para com o problema.

⁴ O método Delphi foi concebido nos anos 50 pelos matemáticos Norman Dalkey e Olaf Hermes. É uma técnica baseada em um determinado assunto com um painel de 5 a 10 especialistas com um assunto complexo para discutir; a fim de obter informações e opiniões qualitativas.

4 RESULTADOS

O presente capítulo segue uma ordem de apresentação conforme as fases da metodologia. Dessa forma, mesmo tendo sido apresentada uma breve contextualização na introdução, a seguir esse assunto será tratado de novamente, de forma mais aprofundada.

Localizado na UFSC, o ProBioTec certificado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e realiza estudos e pesquisas relacionado a produção de energia e a aplicação de CCMs. Segundo o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil⁵, o laboratório tem relação com as seguintes produções científicas e tecnológicas:

- 1- Aplicação de resíduos agroindustriais para obtenção de bioenergia;
- 2- Bioeletrogênese;
- 3- Caracterização de propriedades físicas, químicas e biológicas de materiais e estruturais;
- 4- Minimização, Recuperação e Valorização de resíduos;
- 5- Modelagem, otimização e dimensionamento de sistemas a células de combustível.

Além disso, tem como principais objetivos a produção de energia renovável a partir do aproveitamento de biomassas produzidas por atividades agroindustriais. Para isso, faz uso do metabolismo de elementos microbiológicos que são capazes de fornecer biorremediação e de produzir energia.

Em entendimentos feitos com as pesquisadoras do laboratório foi possível visualizar dois cenários relacionados aos experimentos que elas coordenam: um de curto e outro de longo prazo.

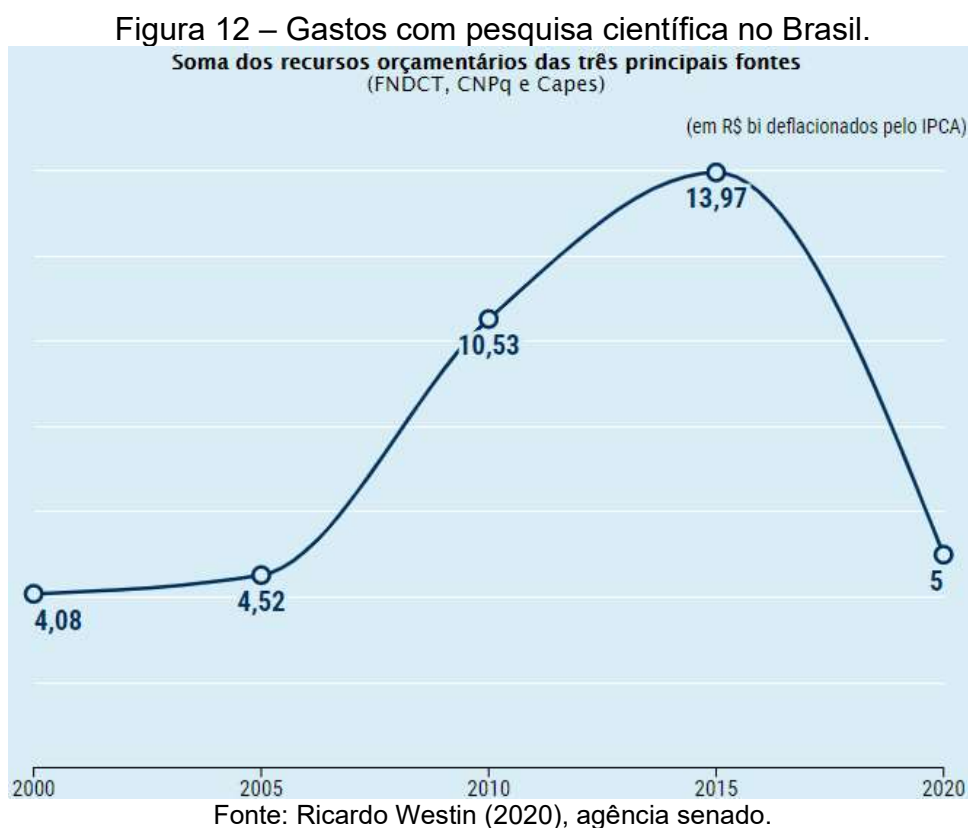
Com uma carência imediata, elas precisam observar os efeitos das mudanças controladas a nível laboratorial sobre o perfil de geração energética nas CCMs. Para isso é de suma importância o monitoramento de potencial e correntes das células porque essas características permitem que se conheça a quantidade de energia produzida no momento e também indicam qual a urgência de ações de controle sobre o sistema, como uma realimentação de substrato.

⁵ A identificação do Grupo de Pesquisa pode ser acessada em: dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/1381538343991789.

Visualizando a longo prazo, com o acompanhamento dos dados de produção, principalmente nos estudos a serem implementados em campo, será possível uma avaliação do comportamento das CCMs em ambientes diversos e a viabilidade de implementação desta tecnologia nas mais diversas aplicações.

Dessa forma, viu-se a necessidade de criar um mecanismo para que o laboratório possa supervisionar, de maneira mais eficaz, as CCMs. Porém, antes de ser resolvido na prática, é preciso um entendimento do contexto no qual o ProBioTec está inserido.

Nos últimos anos a ciência e a educação no Brasil tem sofrido com cortes de verbas (Figura 12) e, por estar inserido dentro de uma Universidade Federal, o laboratório conta com recursos limitados para compra de equipamentos e tecnologias para se desenvolver. Dessa forma, a solução proposta não pode ter um valor de implementação elevado.



Aplicada ao projeto, a metodologia DSR tem o objetivo de criar um artefato de inovação e, segundo Barbosa (2017), um sistema de informação pode ser

considerado um artefato pois ele possibilita a construção de modelos resultantes dos experimentos feitos em laboratório. Sendo identificado o problema a ser resolvido, e uma possível solução para o mesmo, se faz necessário um planejamento e a estruturação de cada peça que compõe o artefato.

Quando falamos de SI dentro do contexto laboratorial, Noll e Müller (2010) explicam que a capacidade de medir dados de forma constante e em alta velocidade tornou possível o acompanhamento contínuo de grandezas e fenômenos físicos. Dessa forma, análises mais aprofundadas das informações processadas tendem a agilizar etapas da pesquisa, trazendo conhecimentos mais precisos. O autor complementa que os avanços tecnológicos trouxeram para o mercado SAD eficientes e flexíveis para mais de uma aplicação, porém, a grande maioria apresenta arquitetura proprietária, alto custo de aquisição e são produtos importados.

Segundo artigo do portal O TEMPO (2021), no ano de 2021 o Governo Federal fez reduções significativas nas cotas de importação de equipamentos e insumos destinados à pesquisa científica no Brasil. De acordo com o Executivo, desde 2017 o valor da cota girava em torno de U\$ 300 milhões, mas nesse ano foi reduzido para aproximadamente U\$ 93 milhões. Em nota oficial, o Governo justificou que o valor foi definido no projeto de lei orçamentária anual, não sendo possíveis ajustes.

Levando isso em consideração, uma das alternativas encontradas foi o desenvolvimento de um mecanismo para medição de sinais que seja direcionado e feito justamente para CCMs, de forma que todos os requisitos essenciais para atingir o objetivo proposto possam ser levados em consideração. Ademais, dessa maneira não se faz necessária a compra de um instrumento de medição genérico e com custos de importação.

Para esse sistema de aquisição de dados foi possível visualizar uma separação bem clara entre a parte de hardware e de software, sendo preciso garantir a compatibilidade de ambas para que o objetivo seja alcançado. No projeto em questão, já se faz uso de ferramentas para coleta de medidas das CCMs, dessa forma alguns recursos já adquiridos podem ser utilizados. Além disso, com o conhecimento previamente alcançado por meio de pesquisas práticas feitas no ProBioTec, determinados requisitos são prontamente identificados, como os apresentados

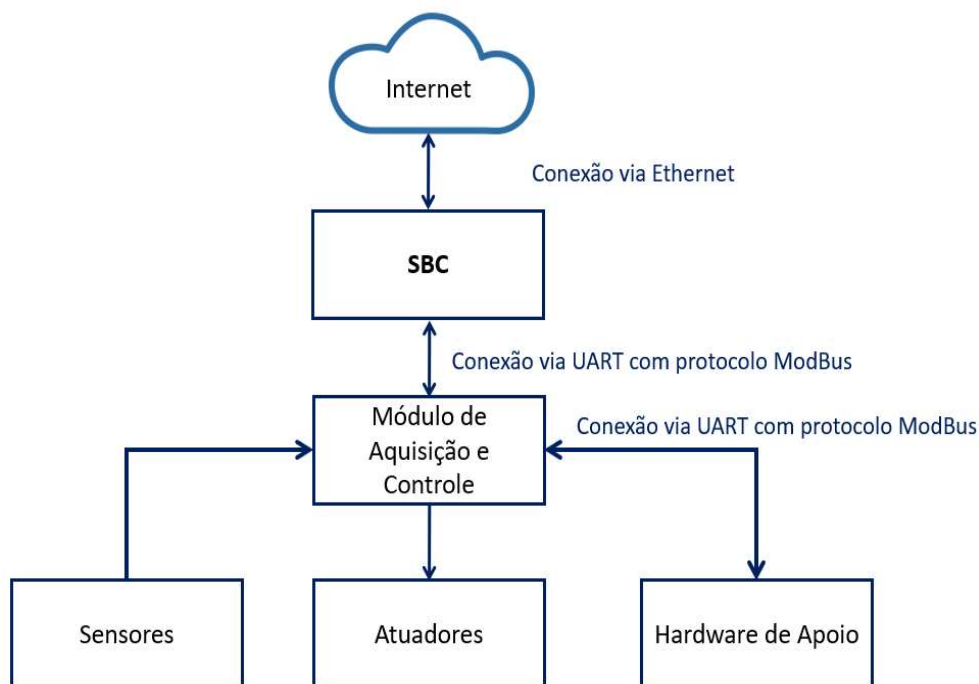
anteriormente nos cenários de curto e longo prazo. Mais detalhes sobre o SAD serão apresentados a seguir.

4.1 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS IMPLEMENTADO

A implementação do sistema de aquisição de dados foi inspirada na plataforma aberta para construção e disponibilização de laboratórios remotos, desenvolvida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab), da UFSC. Assim, embora com algumas alterações nos itens de *hardware* em relação à plataforma aberta, foi possível reutilizar o *firmware*⁶ e parte do *software* aplicativo disponível sob licença de código aberto.

A Figura 13 mostra a arquitetura padrão utilizada no RExLab para laboratórios remotos.

Figura 13 – Arquitetura padrão utilizada no RExLab para laboratórios remotos.



Fonte: autor.

Os principais blocos que compõe a arquitetura são denominados SBC (*Single Board Computer*), Módulo de Aquisição e Controle, Sensores, Atuadores e Hardware

⁶ O *firmware* é um *software* que armazena as informações de inicialização das rotinas de um *hardware* para que ele funcione corretamente

de Apoio. A comunicação entre o SBC, o Módulo de Aquisição e Controle e o Hardware de Apoio, é realizada através de comunicação serial utilizando o protocolo industrial ModBus⁷. A escolha do ModBus deve-se ao fato de se tratar de um protocolo robusto, confiável e expansível para conexão de muitos dispositivos no mesmo barramento.

4.1.1 Módulo SBC

Nos laboratórios remotos do RExLab, o bloco SBC é um computador de placa única que utiliza o sistema operacional Linux Embedded, mais especificamente um Raspberry Pi⁸ 3+. Porém, qualquer arquitetura computacional pode ser utilizada neste bloco, como um computador pessoal (PC), ou um móvel, desde que tenha disponível uma porta de ethernet, para conexão de cabo de rede, e uma porta de comunicação serial RS-232⁹C com uma UART¹⁰.

No caso desta implementação a escolha recaiu sobre um PC, mas devido ao fato que atualmente nem todos computadores dispõem de portas de comunicação serial RS-232C, grande parte faz uso de USB¹¹, na implementação em questão foi utilizado um conversor USB para serial, conectando uma interface RS-485¹² no Módulo de Aquisição e Controle. Este conversor foi desenvolvido e disponibilizado pelo RExLab.

A Figura 14 mostra a conexão do conversor com o módulo de aquisição e controle utilizado, o wt292.

⁷ ModBus é um protocolo de comunicação de dados mestre-escravo amplamente utilizado em sistemas de automação e aplicações com controladores lógicos programáveis para aquisição de sinais de instrumentos e comando dos atuadores.

⁸ Raspberry Pi é um computador de placa única e de tamanho reduzido, possui os mesmos componentes de um PC, com exceção do disco rígido. Foi desenvolvido como uma iniciativa de empoderamento social para a promoção do ensino de ciência da computação pela fundação Raspberry Pi, sendo ele de baixo custo e grande aplicabilidade.

⁹ RS-232 é um protocolo padrão para troca de dados binários entre um terminal de dados e um comunicador de dados, é comumente usado nas portas seriais dos PCs.

¹⁰ UART é o acrônimo inglês de Receptor/Transmissor Universal Assíncrono e tem a função de converter dados paralelos em seriais para a transmissão/recepção.

¹¹ USB é uma porta serial universal, um padrão criado pela indústria para conectores, cabos e protocolos de comunicação, também é utilizado como provedor de energia entre PCs e dispositivos periféricos.

¹² RS-485 é um padrão que define as características elétricas de *drivers* e receptores para uso em sistemas de comunicação serial, oferece suporte para sistemas com múltiplos pontos, pode ser utilizado em redes de comunicação de longa distância e em ambientes com ruído elétrico.

Figura 14 – Módulo de Aquisição e Controle e conversor RS-485 para USB.



Fonte: <http://www.worktemp.com.br/html-wt4/wt290-ac.html#my-tab-feature-vertical3>, acessado em 24/04/2021.

O SBC é composto por duas camadas de software distintas em relação ao funcionamento do artefato, uma camada comporta os serviços *Web* e outra os serviços de Recursos de Hardware.

A primeira oferece os meios de acesso via internet para que os usuários interajam e visualizem os dados do artefato. O SBC utiliza uma aplicação escrita em Node.js¹³ e faz upload dos dados adquiridos diretamente para um banco de dados disponível em um servidor do RExLab.

A aplicação também é responsável pelo envio dos dados medidos para os e-mails dos integrantes do laboratório que estão na lista de contatos, dessa forma eles recebem periodicamente um retorno sobre os experimentos, podendo tomar as medidas necessárias para suprir alguma carência deles, como uma realimentação das CCMs ou um ajuste de calibragem. Assim, mensalmente, é enviada aos endereços eletrônicos cadastrados uma mensagem com o arquivo em formato .CSV¹⁴ contendo os dados lidos nos quatro sensores instalados. O arquivo contém um relatório mensal onde os dados são apresentados em seus valores diários para os quatro sensores, individualmente, com intervalo de 1 segundo.

¹³ O código está disponível em: <https://gitlab.com/lucasmellos/pms-app/-/tree/master>.

¹⁴ Os arquivos CSV (do inglês “Character-separated values” ou “valores separados por um delimitador”) servem para armazenar dados tabulares (números e texto) em texto simples. Um arquivo CSV abriga “registros”, separados por quebras de linha (cada “registro” permanece numa linha do arquivo) e cada registro possui um ou mais “campos”, separados por um delimitador, por exemplo, vírgula (“,”) e ponto e vírgula (“;”). Arquivos CSV são simples e funcionam na maior parte das aplicações que lidam com dados estruturados.

Poderia ter sido escolhido qualquer outro ambiente computacional na Internet para isso, o Node.js foi escolhido por se caracterizar como um ambiente de execução JavaScript onde o usuário pode criar aplicações sem depender do navegador que está sendo usado. Ademais, ele também é uma ótima opção para programação por ter uma alta capacidade de escalabilidade, uma boa flexibilidade de arquitetura e baixo custo. Deve-se ressaltar o fato de que este recurso foi escolhido pelo RExLab para este tipo de sistema computadorizado, sendo amplamente utilizados nos laboratórios remotos produzidos pelo laboratório.

Já a segunda camada tem a função de enviar comandos para o Módulo de Aquisição e Controle para que ele gerencie os sensores e atuadores do artefato, como forma de garantir o funcionamento correto do *hardware*.

4.1.2 Módulo de Aquisição e Controle

O Módulo de Aquisição e Controle é um tipo de gerenciador que tem como função controlar os atuadores e ler todos os dados dos sensores do artefato. Nesse gerenciador estarão disponíveis os dados obtidos junto aos sensores, a fim de serem acessados por um dispositivo externo, neste caso o SBC. O gerenciador também fica em estado de espera para comandos de acionamento dos atuadores. O Módulo de Aquisição e Controle também permite, dependendo do perfil do artefato desenvolvido, algum tipo de grau de autonomia em relação a leitura dos sensores e acionamento de atuadores, especialmente por questões de segurança. Por exemplo, não ligar um aquecedor caso a temperatura esteja no limite de destruição do equipamento ou evitar uma incineração.

A opção pela utilização do Módulo de Aquisição e Controle deve-se ao fato que, em geral, o SBC não tem capacidade de controlar dispositivos muito específicos e que são sensíveis em relação a contagem de tempo, por estar fazendo muitas outras tarefas incluindo a execução do próprio sistema operacional. Por exemplo, ler um encoder¹⁵ de movimento e gerar pulsos PWM¹⁶ requerem precisão dos tempos de

¹⁵ O encoder é um dispositivo eletromecânico que conta ou reproduz pulsos elétricos por meio da movimentação rotacional do seu eixo.

¹⁶ O PWM é a modulação por largura de pulso de um sinal, ela pode transportar informações sobre um canal de comunicação ou então controlar o fluxo de corrente, variando a largura dos pulsos.

geração dos sinais, então é mais prático deixar estas tarefas a cargo do *hardware* específico, o Módulo de Aquisição e Controle.

Na implementação deste projeto o Módulo de Aquisição e Controle escolhido foi o wt292-ac, desenvolvido pela WorkTemp, uma empresa que é parceira do RExLab no desenvolvimento de hardware para laboratórios remotos. O Diagrama elétrico do wt292-ac é apresentado no Anexo A. O dispositivo foi concebido para permitir o controle de acionamento de relés e leituras de tensões para acessos remotos via protocolo ModBus. O dispositivo contém uma porta de comunicação que possibilita a leitura remota dos valores dos sensores, bem como o acionamento dos relés disponíveis no módulo. A comunicação é realizada via barramento industrial RS485 com controle de troca de dados do tipo UART. A comunicação é Half Duplex 8N1, ou seja, conta com oito dispositivos transmissor e um receptor, sendo que ambos podem transmitir e receber dados, porém não simultaneamente, a transmissão tem sentido bidirecional, sem controle de fluxo, e com taxa padrão de 115200bps. Esta taxa pode ser ajustada através do parâmetro RATE do módulo, ela determina a velocidade com o que o modulador atua.

O wt292-ac também permite acessos diretamente aos registradores, caso o usuário não deseje que os valores lidos sejam convertidos para tensão. O Anexo B mostra o acesso aos registradores do wt292-ac.

A Figura 15 mostra o wt292-ac, módulo medidor remoto de tensão de corrente contínua (DC) utilizado.

Figura 15 – Módulo de aquisição e controle wt292.



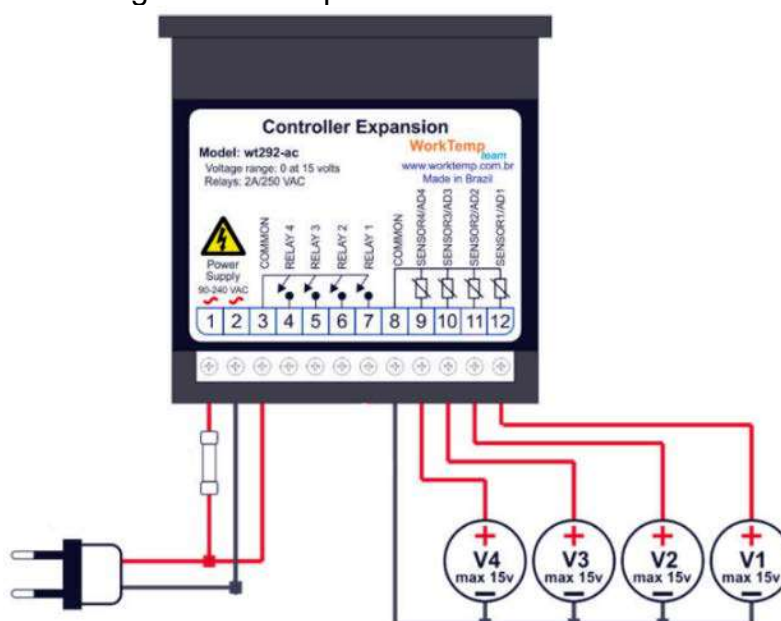
Fonte: <http://www.worktemp.com.br/html-wt4/wt290-ac.html#my-tab-feature-vertical3>, acessado em 24/04/2021.

4.1.3 Sensores e atuadores

A função dos sensores será medir as grandezas dos experimentos como temperaturas, tensões, amperagens, rotações por minuto, estados de chaves e outros tipos de dados. Os atuadores são mecanismos de acionamento dos dispositivos, tais como reles, para acionar cargas, controladores de servos motores, controladores PWM para lâmpadas e aquecedores, controladores de ultrassom entre outros tipos.

O módulo medidor remoto de tensão DC utilizado foi o wt292, ele possui quatro entradas para medição, a Figura 16 ilustra as conexões. Elas efetuam leituras de tensões DC entre 0 e 15 volts (V) com resolução de 0,04mV, também fazem o registro das tensões máximas e mínimas de cada sensor.

Figura 16 – Esquema de conexão do wt292.

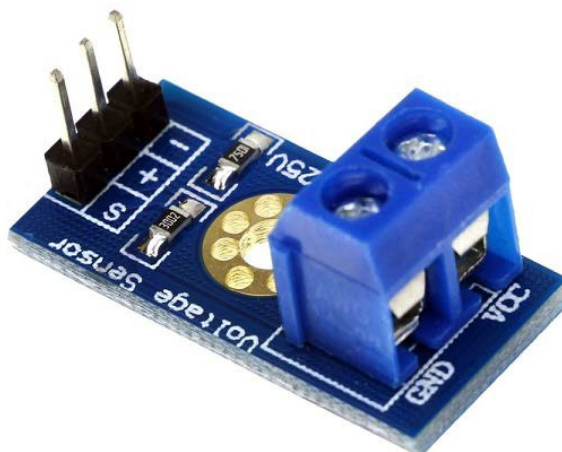


Fonte: <http://www.worktemp.com.br/html-wt4/wt290>, acessado em 24/04/2021.

Para medição das tensões foi utilizado o módulo sensor mostrado na Figura 17. Ele é um componente eletrônico desenvolvido e amplamente utilizado para aplicação em diversos circuitos elétricos, como o Raspberry PI utilizado no projeto, similares de outras marcas, ou outras plataformas de prototipagem que necessitem de um módulo sensor de tensão. Esse dispositivo é desenvolvido de forma simplificada, com dimensões pequenas, e tem como função principal fazer medições de tensões contínuas na faixa de 0V a 25V. Seu princípio de funcionamento é baseado

em divisores de tensão e seu potencial de redução é de fator 5, ou seja, o módulo pode receber um valor de tensão DC até cinco vezes maior que o valor de tensão da porta analógica.

Figura 17 – Módulo sensor de tensão de 0-25V DC.



Fonte: <https://www.saravati.com.br/modulo-sensor-de-tensao-0-25v-dc> acessado em 24/04/2021.

4.1.4 Módulo Hardware de Apoio

No presente projeto não foi utilizado nenhum módulo de hardware de apoio, mas ele permitiria que outros recursos de hardware ainda mais especializados para dar apoio ao módulo fossem utilizados, como termômetros, multímetros e visores. Se uma aplicação necessitasse vários dispositivos para medição em um artefato, por exemplo, o uso dele poderia agir no sentido de não sobrecarregar o Módulo de Aquisição e Controle.

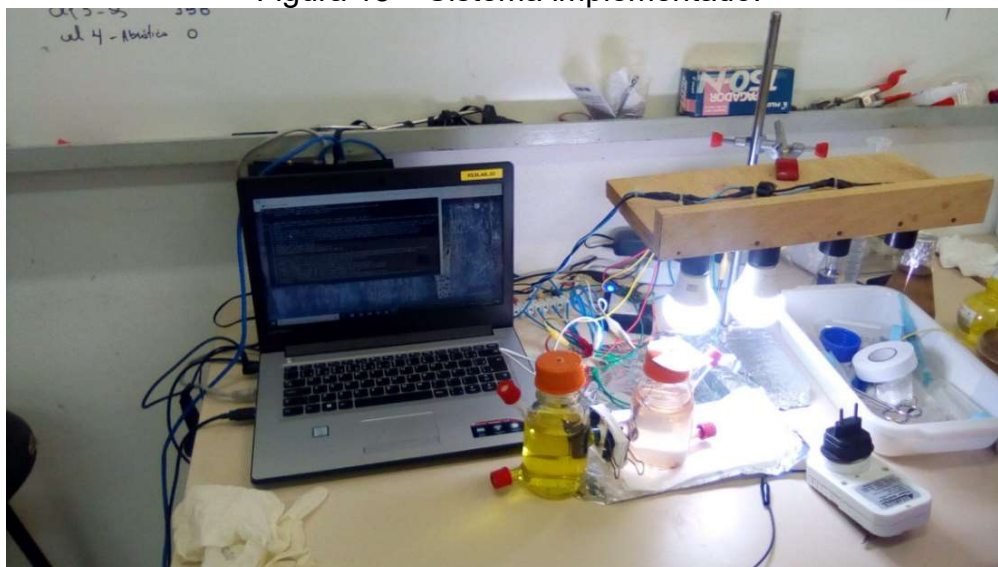
4.2 SISTEMA IMPLEMENTADO EM TESTES

A realização da etapa de testes e ajustes no sistema piloto implantado foi impactada pelas restrições de acesso as instalações da UFSC. Essas restrições resultaram da necessidade de a UFSC ajustar seus procedimentos devido à pandemia provocada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), que afetou o modo de vida de milhões de pessoas ao redor do mundo. Essa nova realidade mudou a rotina da Universidade e exigiu a adaptação das atividades de ensino, pesquisa e extensão, para um modelo remoto.

Uma vez que apenas os serviços considerados essenciais, como as áreas da saúde e segurança, foram autorizados a funcionar presencialmente, não foi possível

o acompanhamento e os ajustes no projeto piloto conforme planejado. A Figura 18 mostra o sistema implementado e seu estágio inicial de testes.

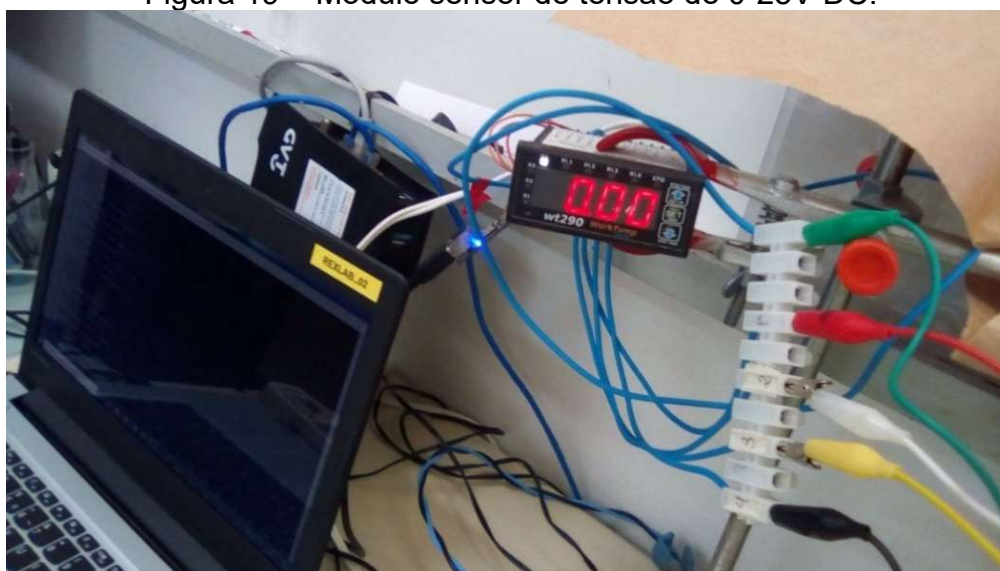
Figura 18 – Sistema implementado.



Fonte: autor

A Figura 19 apresenta o módulo de aquisição e controle wt292-ac instalado e as suas conexões.

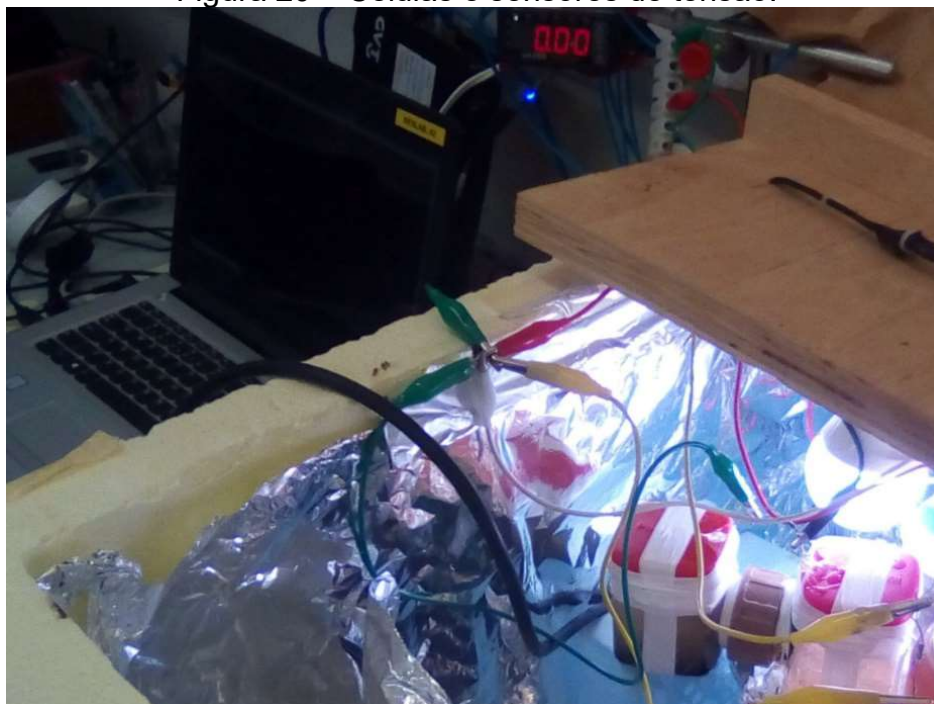
Figura 19 – Modulo sensor de tensão de 0-25V DC.



Fonte: Autor

A Figura 20 apresenta as células de combustível microbianas instaladas e a conexão com os sensores de tensão e o wt292-ac.

Figura 20 – Células e sensores de tensão.



Fonte: Autor

A Figura 21 apresenta os valores máximos lidos nos quatro sensores durante os meses de dezembro de 2020 a maio de 2021. Os valores apresentados na figura estão representados em mV e a variâncias de valores se dá devido a troca de experimentos durante os meses, nos meses de abril e maio de 2021, os sensores passaram a não enviar mais dados para o banco de dados devido a paralisação dos experimentos. O pico visualizado em março pode ter sido captado no momento de troca de experimento, não sendo comum um valor de 0,9 V para esse tipo de CCM.

Figura 21 – Valores lidos nas células



Fonte: autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Previamente ao relato dos objetivos alcançados pelo trabalho, é de suma importância que seja exposto para o leitor que o tema do trabalho foi definido como uma proposta de implementação porque ela foi realizada em meio a pandemia mundial do Covid-19. Esse fato impediu que o aluno estivesse presente no ambiente do laboratório ProBioTec e, por consequência, impossibilitou a implementação total do SAD descrito nas etapas anteriores.

Como mencionado no referencial teórico, é usual que os laboratórios ou grupos de pesquisas sejam responsáveis pela integração de componentes genéricos para que seja formado, de fato, um SAD com objetivo específico. Dessa forma, o presente trabalho serviu para validar a implementação de um SAD capaz de fazer o monitoramento constantes da produção energética das CCMs e auxiliar no aperfeiçoamento da tecnologia, dentro do contexto laboratorial. Cada etapa do seu desenvolvimento foi baseada na metodologia DSR, e o artefato construído foi projetado especificamente para as CCMs, fornecendo informações precisas, de forma contínua e com um baixo custo de desenvolvimento.

Isso ocorreu por meio do entendimento teórico dos processos bioquímicos relacionados as CCMs e de como um SAD deve ser estruturado para sanar todos os requisitos encontrados na pesquisa. Assim, foi possível a proposição de um sistema que cumprisse com o objetivo geral do trabalho, sendo apoiado também pelos objetivos específicos, que foram alcançados com o desenvolvimento do projeto.

Com a redução das visitas ao laboratório, principalmente das pesquisadoras, um dos principais pontos observados durante a implementação do projeto foi a importância do monitoramento remoto oferecido pelo SAD. Destarte, os usuários do sistema já tinham ciência do que estava acontecendo com as CCMs e quais ações eram necessárias quando a entrada no ambiente fosse liberada. No decorrer do desenvolvimento essa funcionalidade foi interrompida pela falta de experimentos ativos, dada a escassez de acesso e acompanhamento presencial, problema que pode protelar o avanço das pesquisas.

Dadas as restrições encontradas devido a pandemia, a etapa de avaliação do SAD não foi totalmente concluída, não sendo factível a avaliação experimental por parte dos especialistas. Dessa forma, fica sugerido que, quando o acesso ao laboratório for liberado de forma integral, o SAD seja deixado sob tutela de especialistas na área de conhecimento específica da engenharia de energia para que eles possam elencar sugestões para possíveis insuficiências e auxiliarem na otimização do sistema.

Porém, em um entendimento feito com as pesquisadoras, ficou explícito que o SAD já tem colaborado de forma excelente com as pesquisas. O monitoramento automático das CCMs diminuí as chances de erro humano na aquisição dos valores produzidos, tornando os dados dos experimentos mais íntegros.

Além dos resultados apresentados no capítulo anterior, o desenvolvimento do SAD também proporciona uma visualização para trabalhos futuros. Devido ao armazenamento das medições em um banco de dados, uma base integra foi construída, possibilitando que novas informações sejam processadas de maneira mais objetiva, para gerar novos conhecimentos. Um emprego para eles seria a formação de modelos a serem utilizados pelas pesquisadoras, inclusive para suprir a necessidade de longo prazo observada anteriormente, que era de avaliar o comportamento das CCMs nos mais diversos ambientes e analisar a viabilidade de implementação da tecnologia em determinadas aplicações.

Ademais, como comentado nos resultados, os protocolos de comunicação utilizados permitem que o sistema seja expandido, se houver interesse do laboratório de fazer a leitura de outras informações das CCMs. Para isso, seria necessário fazer a aquisição dos sensores desejados como, por exemplo, sensores de pH, e fazer ajustes de parâmetros dos *hardwares* em uso. Também é necessário verificar a necessidade de adição de um hardware de apoio ao MAC, questão que está comentada no trabalho.

Assim, acredita-se que o trabalho tenha contribuído para com a pesquisa científica, a geração de novos conhecimentos e oportunizando também novas linhas de estudo, apoiado na metodologia DSR.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, J. S. et al. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE DIFERENTES CÉLULAS COMBUSTÍVEIS MICROBIANAS UTILIZANDO URINAS HUMANA E BOVINA EM SOLO DE DIFERENTES FAIXAS DE PROFUNDIDADE.** [s.l.] Instituto Federal Catarinense - IFC, 2015.

AKEN, J. E. V. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

BARBOSA, D. M.; BAX, M. A Design Science como metodologia para a criação de um modelo de Gestão da Informação para o contexto da avaliação de cursos de graduação. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v. 10, n. 1, p. 32–48, 2017.

BHOWMICK, G. D. et al. Improved performance of microbial fuel cell by using conductive ink printed cathode containing Co₃O₄ or Fe₃O₄. **Electrochimica Acta**, v. 310, p. 173–183, 2019.

BRÁS, J.; MARQUES, V.; DE FREITAS, D. The DELPHI method: characterization and potentialities for educational research. **Pro.Posições**, v. 29, n. 87, p. 389–415, 2018.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; MIGUEL, P. A. C. Uma análise distintiva entre o estudo de caso, a pesquisa-ação e a design science research. **Revista Brasileira de Gestao de Negocios**, v. 17, n. 56, p. 1116–1133, 2015.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Metodologia da Pesquisa Científica.** [s.n.], Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GREGOR, S.; HEVNER, A. R. Positioning and presenting design science research for maximum impact. **MIS Quarterly: Management Information Systems**, v. 37, n. 2, p. 337–355, 2013.

GUIMARÃES, E. M. P.; ÉVORA, Y. D. M. Sistema de informação: instrumento para tomada de decisão no exercício da gerência. **Ciência da Informação**, v. 33, n. 1, p. 72–80, 2004.

HEVNER et al. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly: Management Information Systems**, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

HEVNER, A.; CHATTERJEE, S. **Design Research in Information Systems.** Boston, MA: Springer US, 2010. v. 22

HEVNER ALAN, R. A Three Cycle View of Design Science Research. **Scandinavian Journal of Information Systems**, v. 19, n. 2, p. 87–92, 2007.

LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: A research method to production engineering. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LARMINIE, J., DICKS, A. **Fuel Cell Systems Explained**. John Wiley Andamp; Chichester, West Sussex: J. Wiley, 2003. Print.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistema de Informação**. 4ª edição. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1999.

LEHNEN, D. R. **Desenvolvimento de células de combustível microbiana**. Dissertação (Mestre em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LOGAN, B. E.; REGAN, J. M. Electricity-producing bacterial communities in microbial fuel cells. **Trends in Microbiology**, v. 14, n. 12, p. 512–518, 2006.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research in Information Technology**. Decision Suport Systems, v. 15, p. 251-266, 1995.

NEETHU, B.; BHOWMICK, G. D.; GHANGREKAR, M. M. Improving performance of microbial fuel cell by enhanced bacterial-anode interaction using sludge immobilized beads with activated carbon. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 143, p. 285–292, 2020.

NOLL, V.; MÜLLER, A. A. **Desenvolvimento de Hardware e Software para Aquisição de Sinais de Medição Com Arquitetura Aberta e Baixo Custo**. [s.n.] Florianópolis – SC.

NORTE, Diego Braga. **Cortes e mais cortes: o que será da ciência e da pesquisa no Brasil?** Disponível em: <https://vocesa.abril.com.br/carreira/cortes-bolsas-pesquisa-ciencia/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

OLIVEIRA, P. L. C. DE. **Sistema de Aquisição de Sinais em Tempo Real Baseado em Linux**. [s.l.] Universidade do Minho, 2013.

O TEMPO. **Governo admite que valor destinado a pesquisa científica é insuficiente**. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/brasil/governo-admite-que-valor-destinado-a-pesquisa-cientifica-e-insuficiente-1.2440986>. Acesso em: 24 abr. 2021.

OTTONI, C. A. et al. Biotratamento de vinhaça sintética e geração de eletricidade utilizando uma célula a combustível microbiana. In: OLIVEIRA, A. C. DE (Ed.). **Avanços Científicos e Tecnológicos em Bioprocessos**. [s.l.] Atena Editora, 2018. p. 163–171.

SANTOS, F. M. S. M. DOS. **Células de combustível: uma tecnologia para a geração distribuída**. [s.l.] UNIVERSIDADE DE COIMBRA, 2003.

SHAIKH, R. et al. Bioelectricity production using plant-microbial fuel cell: Present state of art. **South African Journal of Botany**, v. 000, 2020.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

TURBAN, E.; MCLEAN, E.; WETHERBE, J. **Tecnologia da informação para gestão**. Tradução de Renate Schinke. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, B.; PETTER, S. **Design Science Research In Information Systems**. [s.l: s.n.].

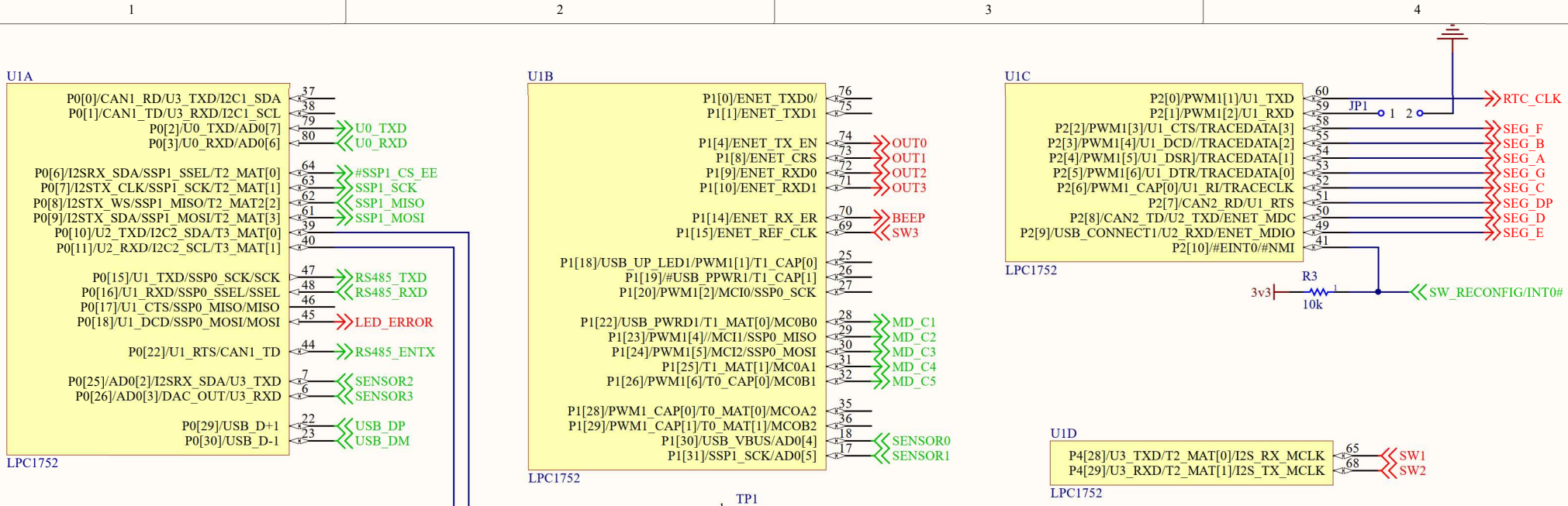
VARGAS, R. A. et al. Uma Visão da Tecnologia de Células a Combustível. **IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**, p. 1–13, 2006.

WENDT, H.; GÖTZ, M.; LINARDI, M. Fuel cell technology. **Quimica Nova**, v. 23, n. 4, p. 538–546, 2000.

WORKTEMP TEAM (Soluções Tecnológicas na Área de Climatização). **Wt290-ac**: Expansor de Sensores e Relés. Disponível em: <http://www.worktemp.com.br/html-wt4/wt290-ac.html#my-tab-feature-vertical3>. Acesso em: 24 abr. 2021.

YAMASHITA, T. et al. Ultra-low-power energy harvester for microbial fuel cells and its application to environmental sensing and long-range wireless data transmission. **Journal of Power Sources**, v. 430, n. April, p. 1–11, 2019.

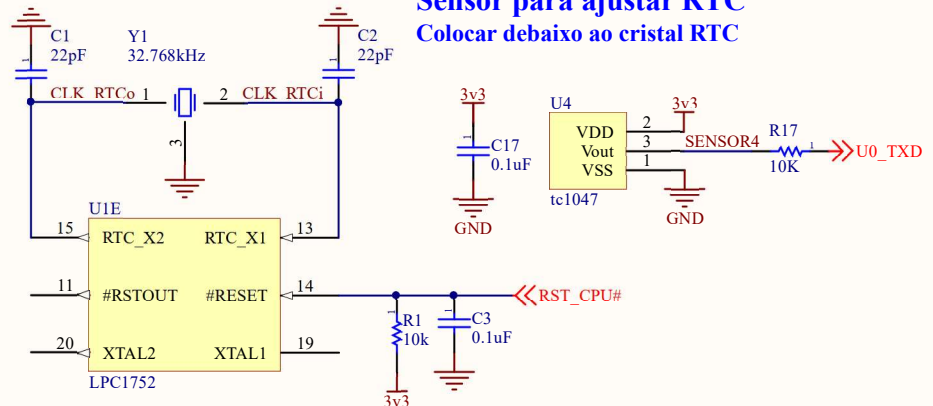
ANEXO A – DIAGRAMA ELÉTRICO



Soldar Cristal no GND

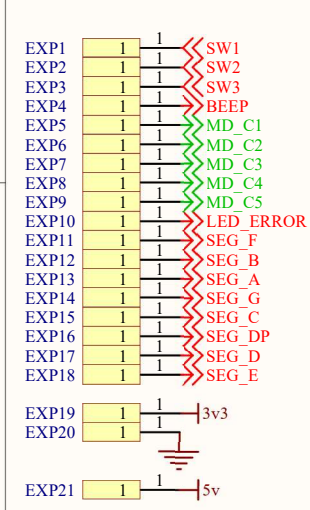
Cristal 6PF +20ppm CL = 12.5pF

Sensor para ajustar RTC
Colocar debaixo ao cristal RTC

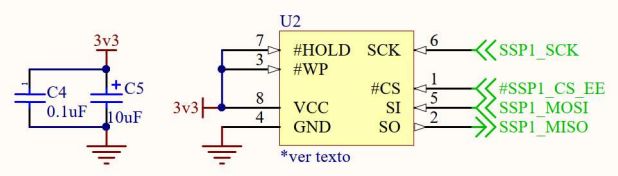


Title		
pr300-wt-p4ac-v1.1 - CPU		
Size	Number	Revision
A4	Page 1 de 5	
Date:	29/10/2016	Sheet of
File:	D:\ projetos\...cpu.SchDoc	Drawn By:

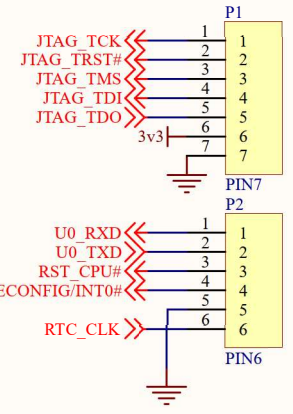
1 2 3 4



EEPROM



Memória de 4K para versão sem LOG de eventos de reles
 Memória de 64K para versão com LOG de eventos de reles - 25lc640 / at25640

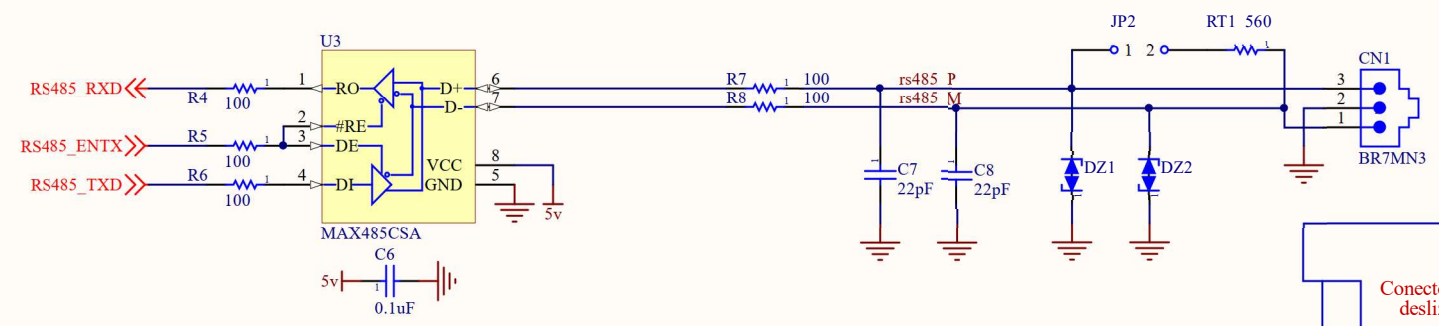


Set to values standards short 4-5

Colocar descrições em adesivo que vai ser colado em cima dos reles

JP2: Corte os terminais rente ao limite da placa
Retire o espaçador dos terminais para caber o jumper
Coloque o Jumper

Como não estamos usando rs485, por enquanto vamo deixar 100 ohms
 Configuração de ligação estilo Dayse



Conector com recuo para poder deslizar no encaixe do gabinete
 No gabinete deixar destaque para abertura para ter abertura no acesso ao conector

Title pr300-wt-p4ac-v1.1 - Devices			
Size A4	Number Page 2 de 5	Revision	
Date: 29/10/2016	Sheet of		Drawn By:
File: D:\ projetos\...\devices.SchDoc	Drawn By:		

1 2 3 4

1

2

3

4

A

A

B

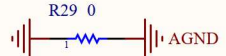
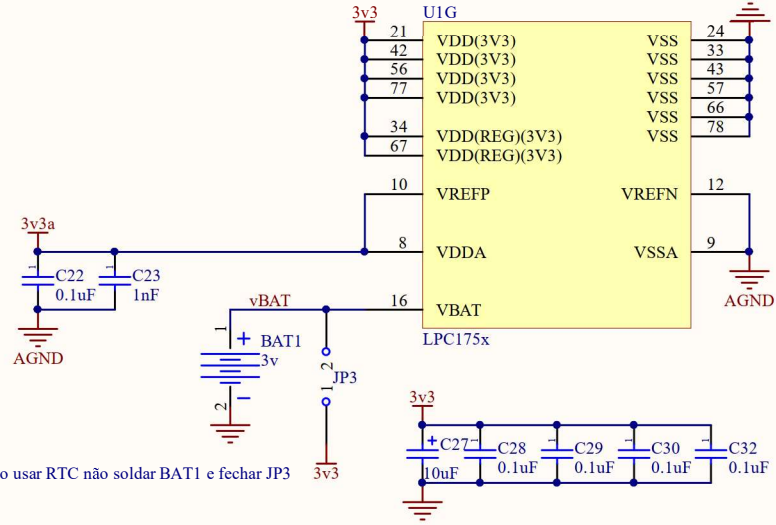
B

C

C

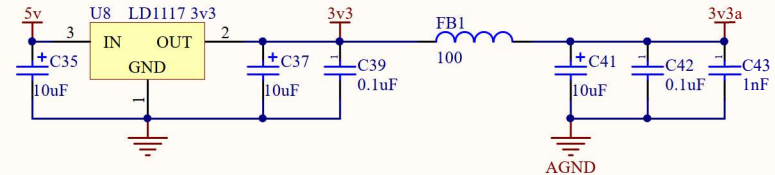
D

D

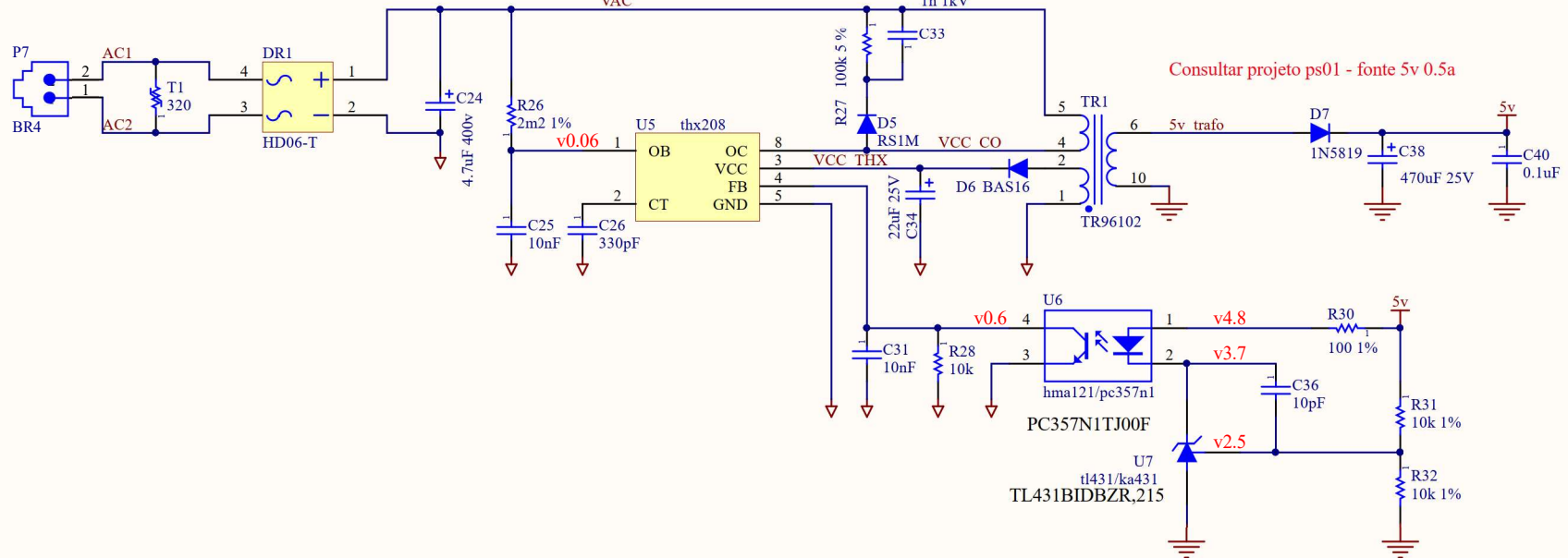


Power 3v3

Power 3v3 Analogic



Tensão AC entre 90V a 250V



Consultar projeto ps01 - fonte 5v 0.5a

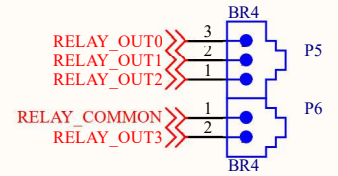
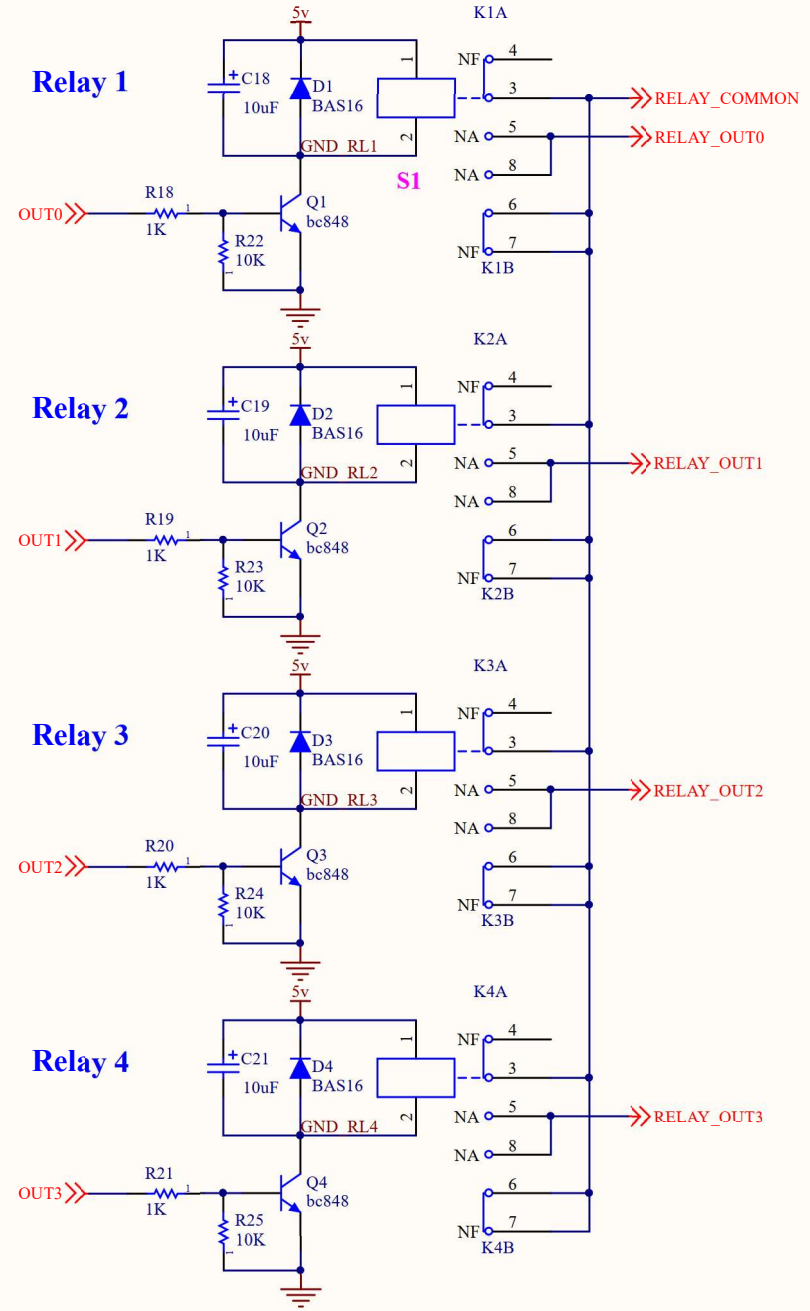
Title			pr300-wt-p4ac-v1.1 - Powers		
Size	Number	Page 5 de 5		Revision	
A4					
Date:	29/10/2016	Sheet of			
File:	D:\projetos\...\power.SchDoc	Drawn By:			

1

2

3

4



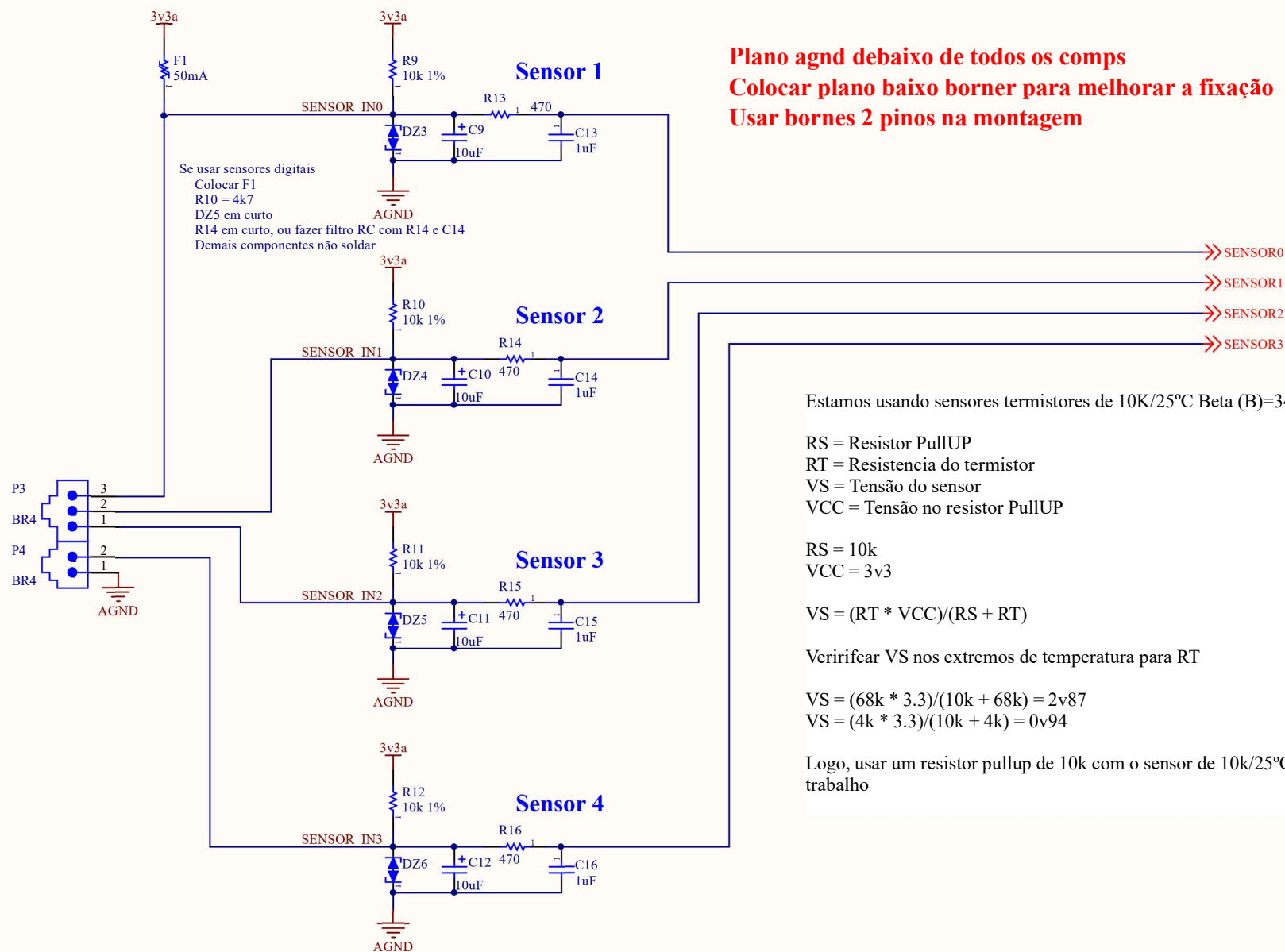
Capacitores de 10uF para atenuar o ruido sonoro que é imitado pelas bobinas dos reles quando usamos acionamento via PWM

Frequencia de 500Hz duty cycle 50%
Frequencias muito altas no PWM pode fritar os transistores de acionamento dos reles

Colocar plano baixo borner para melhorar a fixação
Usar bornes 2 pinos na montagem
Reles Metaltex/ Finder consomem 40mA

Title			pr300-wt-p4ac-v1.1 - Relays
Size	Number	Revision	
A4		Page 4 de 5	
Date:	29/10/2016	Sheet of	
File:	D:\ projetos\...\relays.SchDoc	Drawn By:	

Plano agnd debaixo de todos os comps
Colocar plano baixo borner para melhorar a fixação
Usar bornes 2 pinos na montagem



Estamos usando sensores termistores de 10K/25°C Beta (B)=3435

RS = Resistor PullUP
 RT = Resistencia do termistor
 VS = Tensão do sensor
 VCC = Tensão no resistor PullUP

RS = 10k
 VCC = 3v3

$$VS = (RT * VCC)/(RS + RT)$$

Verificar VS nos extremos de temperatura para RT

$$VS = (68k * 3.3)/(10k + 68k) = 2v87$$

$$VS = (4k * 3.3)/(10k + 4k) = 0v94$$

Logo, usar um resistor pullup de 10k com o sensor de 10k/25°C estamos dentro da faixa de trabalho

Title			pr300-wt-p4ac-v1.1 - Sensors		
Size	Number	Page 3 de 5		Revision	
A4					
Date:	29/10/2016	Sheet of			
File:	D:\projetos\.\sensors.SchDoc	Drawn By:			

ANEXO B – REGISTRADORES MODBUS

Registradores modBus

Atualizado em 18/05/2018 – firmware v1.0

Registradores de Identificação

Estes registradores contém as informações genéricas do WorkTemp. Muito útil para o dispositivo seja identificado por um sistema supervisor.

Registradores de Identificação		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x0 a 0x4	Leitura	Identificador do modelo do aparelho. Valor em ASCII
0x5 a 0x7	Leitura	Versão do firmware. Valor em ASCII.

Registradores Monitor

Quando acessar qualquer registrador do monitor automaticamente o visor do wt290 exibe o conteúdo a ser exibido até que recebe o comando de desativar ou reiniciar o aparelho caso o registrador ST (Show Temperatura) estiver ativado:

Registradores de Trabalho		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x10	Escrita	Escreve o valor ASCII no primeiro display. A contagem do display é da esquerda para direita. Os valores ASCII permitido estão descritos na secção "Valores ASCII Permitidos". Valor ASCII padrão é 32.
0x11	Escrita	Escreve o valor ASCII no segundo display.
0x12	Escrita	Escreve o valor ASCII no terceiro display.
0x13	Escrita	Escreve o valor ASCII no quarto display.
0x14	Escrita	Liga ou desliga o LED do ponto do primeiro display. Valor 0 desliga o LED e o valor 1 liga o LED. Valor padrão é 0.
0x15	Escrita	Liga ou desliga o LED do ponto do segundo display.
0x16	Escrita	Liga ou desliga o LED do ponto do terceiro display.
0x17	Escrita	Liga ou desliga o LED do ponto do quarto display.
0x18	Escrita	Determina se o display deve ou não piscar. Valor 0 não pisca e o valor 1 pisca. Valor padrão é 0.
0x100	Escrita	Limpa o display. O valor enviado é irrelevante, porém por padrão envie o valor 0.
0x101	Escrita	Intervalo em milissegundos de cada piscada. Valores entre 50 a 900ms. Valor padrão 100ms.
0x110	Escrita	Volta a exibir a temperatura no visor do wt290.

Valores ASCII Permitidos: Nem todos os caracteres é possível de se imprimir devido a limitação de combinações de leds do display de 7 segmentos.

ASCII	Valor	ASCII	Valor	ASCII	Valor	ASCII	Valor	ASCII	Valor
NULO	0	SPC	32	-	45				
0	48	1	49	2	50	3	51	4	52
5	53	6	54	7	55	8	56	9	57
A	65	B	66	C	67	D	68	E	69
F	70	G	71	H	72	I	73	J	74
L	76	N	78	O	79	P	80	R	82
S	83	T	84	U	85	Y	89	-	95
-	175	°	176	e	186				

Registadores ADC

Independente do modelo do WorkTemp sempre vai voltar a mesma quantidade de registadores. Para que a consulta seja padrão para todos os modelos.

Registadores dos Conversores Analógicos para Digitais de 12Bits		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x100	Leitura	Retorna com o valor ADC da entrada do primeiro sensor. Valor negativo sinaliza não implementado
0x101	Leitura	Retorna com o valor ADC da entrada do segundo sensor. Valor negativo sinaliza não implementado
0x102	Leitura	Retorna com o valor ADC da entrada do terceiro sensor. Valor negativo sinaliza não implementado
0x103	Leitura	Retorna com o valor ADC da entrada do quarto sensor. Valor negativo sinaliza não implementado

Registadores de Status

Independente do modelo do WorkTemp sempre vai voltar a mesma quantidade de registadores. Para que a consulta seja padrão para todos os modelos.

Registadores dos Status			idx
0x200	Leitura Escrita	Leitura: Status do relé 1: <ul style="list-style-type: none"> • Bit 15: Se está implementado. Valor 1 sinaliza que o WorkTemp contém esse relé. O valor 0 sinaliza que não tem e os demais bits voltarão com o valor 0; • Bit 14: Se o relé está acionado ou não. O valor 1 no bit sinaliza relé está acionado, e o valor 0 sinaliza relé desligado; Escrita: Determina a potência de acionamento dentro de uma janela	0
0x201	Leitura Escrita	Registador do relé 2: Detalhes ver endereço 0x200	1
0x202	Leitura Escrita	Registador do relé 3: Detalhes ver endereço 0x200	2
0x203	Leitura Escrita	Registador do relé 4: Detalhes ver endereço 0x200	3
0x204	Leitura	Entrada do primeiro sensor: Status: <ul style="list-style-type: none"> • Bits [3:0]: Status do sensor: <ul style="list-style-type: none"> ○ -611: Sinaliza que o WorkTemp está lendo pela primeira vez a tensão. Isto somente acontece no momento que o WorkTemp é ligado; ○ 1: O WorkTemp já contém o valor da tensão válida; ○ -614: Sinaliza que a leitura da tensão está acima do limite do aparelho; ○ -615: Sinaliza que a leitura da tensão está abaixo do limite do aparelho. 	4
0x205	Leitura	Valor da tensão em milivolts.	5
0x206	Leitura	Valor mínimo da tensão em milivolts	6
0x207	Leitura	Valor máximo da tensão em milivolts	7
0x208	Leitura	Entrada do segundo sensor: Status: Detalhes ver endereço 0x204	8
0x209	Leitura	Valor da tensão em milivolts.	9
0x20A	Leitura	Valor mínimo da tensão em milivolts	10
0x20B	Leitura	Valor máximo da tensão em milivolts	11
0x20C	Leitura	Entrada do terceiro sensor: Status: Detalhes ver endereço 0x204	12
0x20D	Leitura	Valor da tensão em milivolts.	13
0x20E	Leitura	Valor mínimo da tensão em milivolts	14
0x20F	Leitura	Valor máximo da tensão em milivolts	15
0x210	Leitura	Entrada do quarto sensor: Status: Detalhes ver endereço 0x204	16
0x211	Leitura	Valor da tensão em milivolts.	17
0x212	Leitura	Valor mínimo da tensão em milivolts	18
0x213	Leitura	Valor máximo da tensão em milivolts	19
0x224	Escrita	Este parâmetro determina a largura do pulso base em segundos do acionamento do relé. Isto cria uma janela de controle que possa ser subdividido para controlar a potência desejada.	
0x225	Escrita	Registador do relé 2: Detalhes ver endereço 0x224.	
0x226	Escrita	Registador do relé 3: Detalhes ver endereço 0x224.	
0x227	Escrita	Registador do relé 4: Detalhes ver endereço 0x224.	

Registadores Especiais

Registadores Especiais		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0xA000	Escrita	Coloca todos os registradores no modo padrão e limpa o log dos relés. O valor é irrelevante, por padrão envie o valor 0.
0xA001	Escrita	Reinicia as estatísticas das temperaturas.

Registadores Auxiliares

Estes registradores são de uso genérico para o desenvolvedor, serve como uma pequena memória. Estes registradores não têm nenhum efeito sobre o controle do WorkTemp.

Registadores Auxiliares		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0xFFFF0 a 0xFFFF9	Escrita/Leitura	Registadores de uso gerais, funcionam como uma pequena memória RAM