CATÓLICA DE VITÓRIA CENTRO UNIVERSITÁRIO

CAMILA SANTOS DE JESUS

PROTOTIPAGEM POR SIMULAÇÃO DE UM RELÓGIO CAPAZ DE MONITORAR A TEMPERATURA CORPORAL E OS BATIMENTOS CARDÍACOS

VITÓRIA

2018

CAMILA SANTOS DE JESUS

PROTOTIPAGEM POR SIMULAÇÃO DE UM RELÓGIO CAPAZ DE MONITORAR A TEMPERATURA CORPORAL E OS BATIMENTOS CARDÍACOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Católica de Vitória Centro Universitário, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Ms. Wesley Lucas Breda

VITÓRIA

2018

CAMILA SANTOS DE JESUS

PROTOTIPAGEM POR SIMULAÇÃO DE UM RELÓGIO CAPAZ DE MONITORAR A TEMPERATURA CORPORAL E OS BATIMENTOS CARDÍACOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Católica de Vitória Centro Universitário, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Produção.

Aprovado em _____ de _____ de ____, por:

_____

Prof. Ms. Wesley Lucas Breda – Orientador

_____

Prof. Ms. Flávio Lopes dos Santos, Centro Universitário Católico de Vitória

_____

Prof. Ms. Milton Henrique Do Couto Neto, Centro Universitário Católico de Vitória

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse e por toda força, ânimo e coragem que me ofereceu para ter alcançado minha meta, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

À Universidade, minhas palavras de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos.

Ao meu orientador Wesley, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e a todos os professores, que reconheço um enorme esforço, paciência e sabedoria, me dando recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

Aos meus pais, Ivete e Marco, meu marido, Charley e a todos meus familiares pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho foi produzido com a finalidade de realizar uma proposta de desenvolvimento de um protótipo de um relógio, cuja função principal, além de informar as horas, é medir a temperatura corporal e monitorar os batimentos cardíacos. Para o desenvolvimento deste protótipo foram utilizadas as seguintes ferramentas: o QFD (*Quality Function Deployment*) com o objetivo de converter as necessidades em requisitos, Diagrama de Mudge a fim de classificar por importância os requisitos do cliente, o Arduino servindo de plataforma para prototipagem e programação, e o Fritzing como sistema de simulação e modelagem. A simulação é usada devido a sua capacidade em reproduzir a situação real, de acordo com os parâmetros dos usuários, resultando em um sistema válido através de métodos computacionais ou até manuais. O protótipo proposto mostra-se viável, já que corresponde aos requisitos do cliente, e as especificações do projeto, portanto, é aprovada mediante aos testes no Arduino, Fritzing e em laboratório, possibilitando desta forma a automação como uma possível aliada ao acompanhamento de saúde humana.

Palavras-chave: Protótipo. QFD. Mudge. Arduino.

ABSTRACT

This work was produced with the purpose of realizing a proposal to develop a prototype of a watch, whose main function, besides informing the hours, is to measure body temperature and monitor heart rate. For the development of this prototype, the following tools were used: QFD (Quality Function Deployment) with the objective of converting requirements into requirements, Mudge Diagram in order to classify the customer requirements by importance, Arduino serving as platform for prototyping and programming, and Fritzing as simulation and modeling system. The simulation is used because of its ability to reproduce the actual situation, according to the parameters of the users, resulting in a valid system through computational or even manual methods. The proposed prototype is feasible, since it corresponds to the requirements of the client, and the project specifications, therefore, is approved through tests in Arduino, Fritzing and in the laboratory, thus enabling automation as a possible allied to health monitoring human.

Keywords: Prototype. QFD. Mudge. Arduino.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 OBJETIVOS 14
1.1.1 Objetivo geral 14
1.1.2 Objetivos específicos 14
1.2 HIPÓTESES 14
1.3 JUSTIFICATIVA 14
2 REFERENCIAL TEÓRICO 17
2.1 ENGENHARIA DO PRODUTO 17
2.1.1 Desenvolvimento do produto 17
2.1.2 Projeto informacional 19
2.1.2.1 Matriz da casa da qualidade..... 21
2.1.2.2 Diagrama de Mudge..... 22
2.1.3 Projeto conceitual..... 23
2.1.4 Projeto detalhado..... 25
2.1.4.1 Elaborar layouts preliminares e desenhos de formas..... 26
2.1.4.2 Elaborar layouts detalhados e desenhos de formas..... 26
2.1.4.3 Finalizar as verificações..... 26
2.1.4.4 Revisar o projeto..... 27
2.2 AUTOMAÇÃO 27
2.2.1 Arduino Pro Mini..... 28
2.2.2 Sensores..... 29
2.2.2.1 Sensor de Temperatura – DS18B20..... 30
2.2.2.2 Sensor de frequência cardíaca..... 30
2.2.3 Atuadores..... 31
2.2.3.1 Display OLED 0.96”..... 31
2.2.4 Controladores..... 32
2.2.4.1 Real Time Clock – RTC DS3231..... 33

3 METODOLOGIA 35
3.1 PROJETO INFORMACIONAL.....36
3.1.1 Identificar as necessidades dos clientes..... 37
3.1.2 Identificar os requisitos do projeto..... 37

3.1.3 Classificação dos requisitos do cliente..... 37
3.2 PROJETO CONCEITUAL 37
3.3 PROJETO DETALHADO.....37
3.4 PROGRAMAÇÃO..... 38

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA PESQUISA.....39
4.1 QFD E MUDGE..... 39
4.2 PROGRAMAÇÃO..... 42
4.2.1 Esquematização e prototipagem..... 42
4.2.2 Código da programação..... 43

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 49

REFERÊNCIAS.....51

1 INTRODUÇÃO

O relógio de pulso se tornou um dos acessórios mais utilizados por homens e mulheres em todo o mundo, tendo sua principal função em manter seu usuário informado do horário atual, além de ser também um complemento ao visual, um acessório da moda. Mas, por que não aproveitar este mesmo objeto tão utilizado, para realizar também outras funções que podem ser importantes no dia a dia? Como a aferição a temperatura corporal e batimentos cardíacos, uma vez que a temperatura corporal pode ser um dos indicadores mais fáceis de nosso estado de saúde atual.

Este relógio pode ser também um aliado aos esportes e gestantes, pois os dados de frequência cardíaca e temperatura podem ser muito úteis durante uma rotina de exercícios. Gestantes devem monitorar sua temperatura do corpo durante a prática de exercícios, uma vez que, durante a realização de uma atividade física, a temperatura corporal tende a subir.

Segundo Santos e Vespasiano (2014), para uma gestante, o foco principal é a melhoria da qualidade de vida através da prática de exercícios, obedecendo às recomendações e contraindicações, devendo analisar a temperatura corporal e frequência cardíaca se não estão sofrendo elevadas alterações.

Para Botelho e Miranda (2011), principalmente para as gestantes mais sedentárias, a caminhada é a atividade mais recomendada para começar a se exercitar, sempre acompanhando a temperatura do corpo.

Através do avanço tecnológico torna-se possível a modificação e criação de novos produtos, cada vez mais sofisticados, como a atribuição de diversas funções de produtos diferentes em um mesmo produto, possibilitando que um só produto realize todas as funções de uma forma mais fácil e rápida, como um relógio que seja capaz de aferir temperatura corporal e batimentos cardíacos.

Este projeto, com auxílio da programação, visa auxiliar no acompanhamento da temperatura corporal e batimentos cardíacos para qualquer pessoa, uma vez que estes sejam dois dos principais pontos vitais de um ser humano.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho objetiva desenvolver um protótipo de um relógio com a finalidade de aferir a temperatura Corporal e medir os batimentos cardíacos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer levantamento bibliográfico sobre engenharia do produto e automação;
- Fazer levantamento de necessidades dos clientes/usuários e do produto;
- Elaborar os projetos informacional, conceitual e detalhado do produto;
- Construir um protótipo do produto para fins de simulação e validação.

1.2 HIPÓTESE

Alguns dos principais objetivos dos hardwares e softwares na automação são, aumentar a eficiência dos processos aplicados, maximizar a utilização, minimizar custos, etc. Assim, pode ser utilizado para facilitar ao máximo o cotidiano.

É possível usar a flexibilidade e os componentes do Arduino para acoplar a um relógio funções de um termômetro e um medidor de frequência cardíaca.

1.3 JUSTIFICATIVA

O uso da tecnologia vem tendo um crescimento considerável nos últimos anos, trazendo benefícios e praticidade para os processos envolvidos nela, como facilitar o controle da saúde utilizando materiais cada vez mais completos e eficazes, garantindo uma maior qualidade e eficiência, como um relógio que seja capaz de aferir temperatura corporal e batimentos cardíacos.

Os sistemas de controles usados na automação são compostos por um conjunto de elementos, como sensores (capturam dados do processo), controladores (processam estes dados) e atuadores (atuam sobre o processo). Podendo controlar diversos tipos de variáveis do processo (Process Variable – PV), como batimentos cardíacos e temperatura, que serão utilizados.

Portanto, este trabalho objetiva desenvolver e analisar um protótipo de um relógio com a finalidade de aferir a temperatura Corporal e medir os batimentos cardíacos com auxílio da programação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENGENHARIA DO PRODUTO

Segundo Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO (2008), de forma geral, Engenharia do Produto consiste em um conjunto de ferramentas e processos que permitem organizar, projetar e realizar tarefas relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos, passando por todo o seu ciclo de vida, desde a ideia inicial até o lançamento do produto e sua retirada do mercado, sendo responsável por desenvolver o produto e mantê-lo operando.

No quadro 1 foram descritas as macro fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) e suas principais funções.

Quadro 1 - Macro fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos - PDP

Fonte: adaptado de Rozenfeld e outros (2006).

2.1.1 Desenvolvimento do produto

O conceito de desenvolvimento do produto é abrangido pela engenharia do produto, dentro a engenharia de produção. Segundo Chiavenato (2005), desenvolvimento de produtos é a área que aborda todos os estudos e pesquisa sobre criação, adaptação, melhorias e aprimoramento dos produtos produzidos pela empresa.

Cheng e Filho (2007) relaciona o processo de desenvolvimento com o esquema de entrada, processamento e saída, referindo-se ao conjunto de atuações de

planejamento e ações envolvidas para que o sistema considerado alcance os resultados almejados.

O processo de desenvolvimento de Produto é essencial para qualquer empresa que tem o desejo de competir por meio de criação de produtos próprios e da busca de liderança tecnológica. A nova competição empresarial, com o objetivo de potencializar seus resultados, vigorosamente focada no desenvolvimento de novos produtos, requer que esse processo seja dinâmico e flexível (MACHADO; TOLEDO, 2006; ROZENFELD et al., 2006).

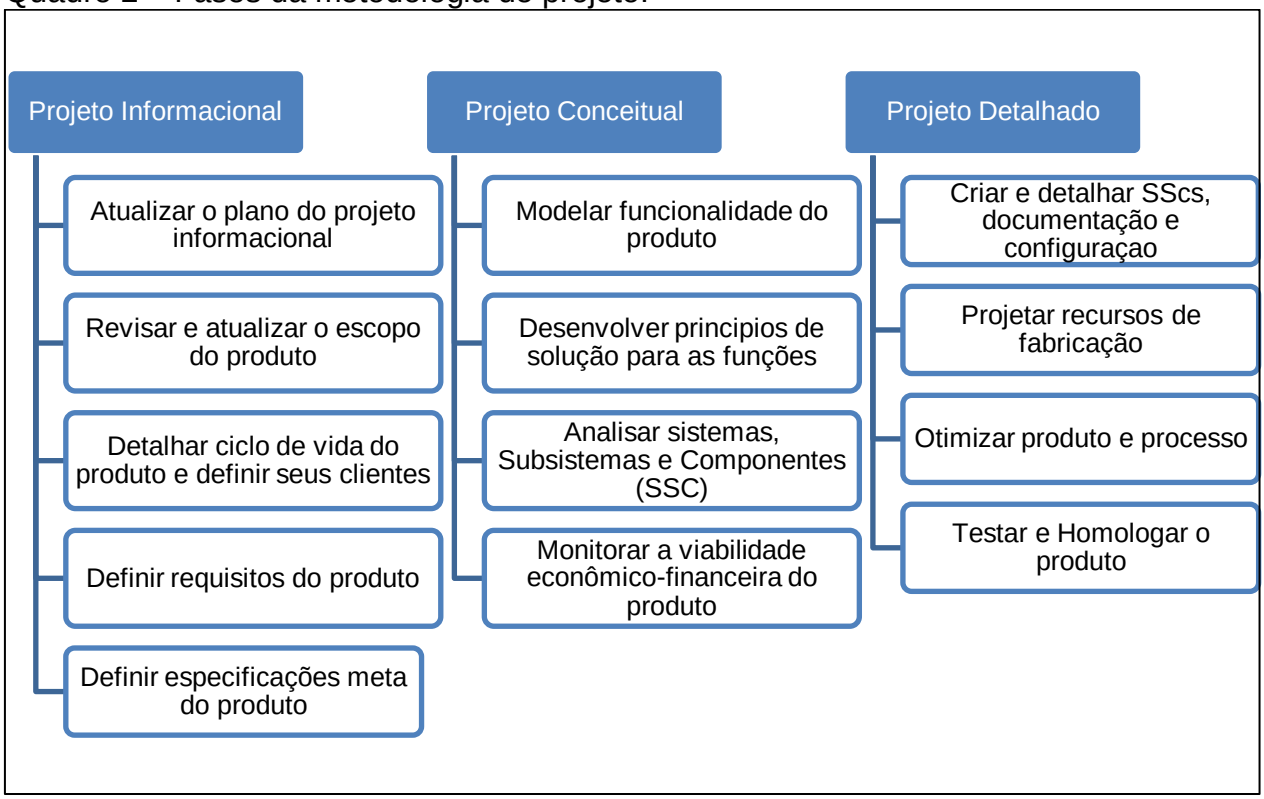
Ulrich e Eppinger (1995) definem processo como uma sequência de passos que transformam entradas em saídas. Sendo assim, o processo de desenvolvimento de produtos nada mais é do que uma sequência de passos ou atividades que uma empresa adota para idealizar, projetar e comercializar um produto.

De acordo com Rosenfeld e outros (2006), o Processo Desenvolvimento de Produtos pode ser definido como a busca das especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, através de um conjunto de atividades baseadas nas necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo, acompanhando o produto ainda depois do lançamento, atendendo todas as necessidades ao longo do ciclo de vida do produto.

Krishnan e Ulrich (2001) definem que o desenvolvimento de um novo produto não é simples e nem direta, ela requer pesquisa, planejamento cauteloso, controle rigoroso e uso de métodos sistemáticos.

Segundo Mantovani (apud DELEVATTI, 2013), cada fase da metodologia de projeto tem suas respectivas atividades, representadas no quadro 2, apresentando os principais passos de cada fase.

Quadro 2 – Fases da metodologia de projeto.

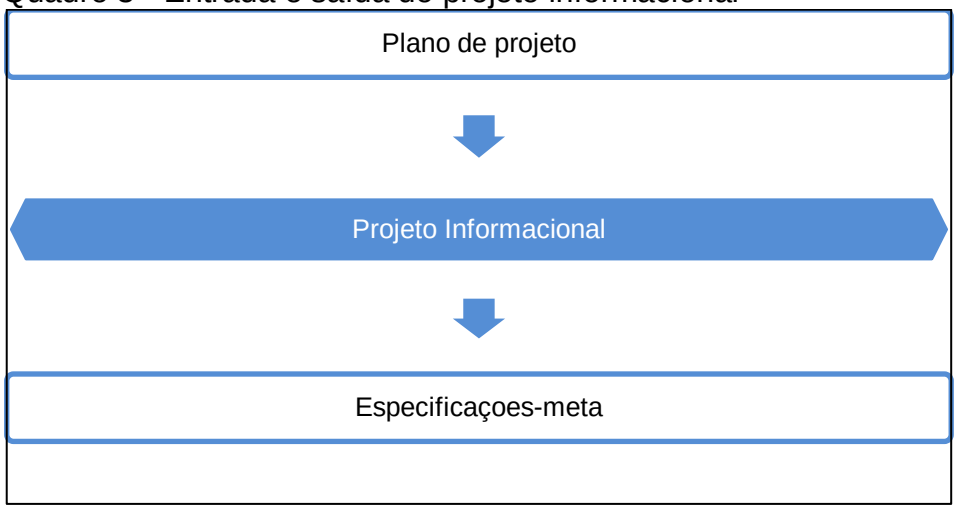


Fonte: Adaptado de Mantovani (apud DELEVATTI, 2013).

2.1.2 Projeto informacional

Para Fonseca (2000), o projeto informacional transforma as informações de entrada que foram levantadas no planejamento do projeto em especificações de projeto, que serão o guia para as próximas fases do projeto, portanto, devem suprir as necessidades identificadas na fase anterior, auxiliando a criação de soluções e sirvam de base para a definição dos critérios da tomada de decisão, havendo assim a necessidade de se detalhar com bastante precisão, pois qualquer erro nesta fase acarretará em erros no projeto, tendo como consequência o aumento de tempo de desenvolvimento do projeto e também nos custos, razão pela qual a sua obtenção implica numa responsabilidade para o sucesso do projeto no seu conjunto.

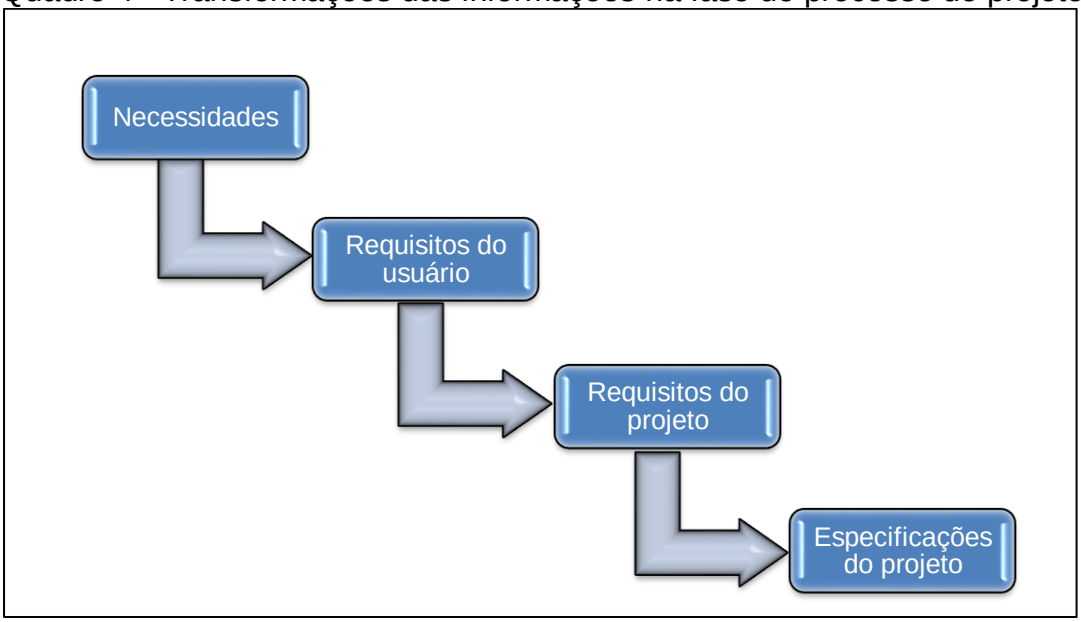
Quadro 3 - Entrada e saída do projeto informacional



Fonte: Adaptado de Fonseca (2000).

A fase de projeto informacional, como processo de transformação de informações, consiste num desdobramento das necessidades de entrada, que são transformadas primeiramente em requisitos de usuário, depois em requisitos de projeto e, finalmente, em especificações de projeto, segundo proposto no quadro 4.

Quadro 4 - Transformações das informações na fase do processo de projeto.



Fonte: Fonte: Adaptado de Fonseca (2000).

Para uma adequada estruturação do projeto informacional, consideram-se estas quatro categorias de informação como categorias relevantes realmente existentes no processo, no quadro 5 estão seus respectivos conceitos.

Quadro 5 - Conceito das nomenclaturas do Projeto Informacional

Nomenclatura	Conceito
Necessidade dos clientes	Declarações originais dos desejos do cliente.
Requisito do cliente	Necessidade dos clientes organizadas, categorizadas e estruturadas, levada à linguagem de projeto.
Requisito do projeto	Características do produto que devem atender aos requisitos do cliente.
Especificações do projeto	Objetivos, meta que o produto deve ter para atender aos requisitos do cliente.

Fonte: Elaboração própria.

A diferença entre a necessidade do cliente e o requisito do cliente existe porque, o projeto informacional trabalha com informações que têm origem em necessidades externas à equipe de projeto, por isso, pode acontecer um equívoco na maneira de se entender uma necessidade ou ainda de forma confusa, isto significa que cada necessidade deve ser submetida a uma análise de significado em um consenso da equipe de projeto sobre o que realmente se trata essa necessidade, tendo como resultado o requisito do usuário, que é a necessidade bruta expressa de forma padronizada pela equipe de projeto.

Em resumo, na fase de Projeto informacional acontece a captura e o tratamento das informações sobre o problema de projeto, estabelecendo os requisitos necessários para os usuários finais do produto.

2.1.2.1 Matriz da casa da qualidade

Segundo Reis (2003), esta etapa busca hierarquizar os requisitos do projeto padronizados anteriormente ainda nessa fase, fazendo a aplicação do QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade) ou matriz da casa da qualidade.

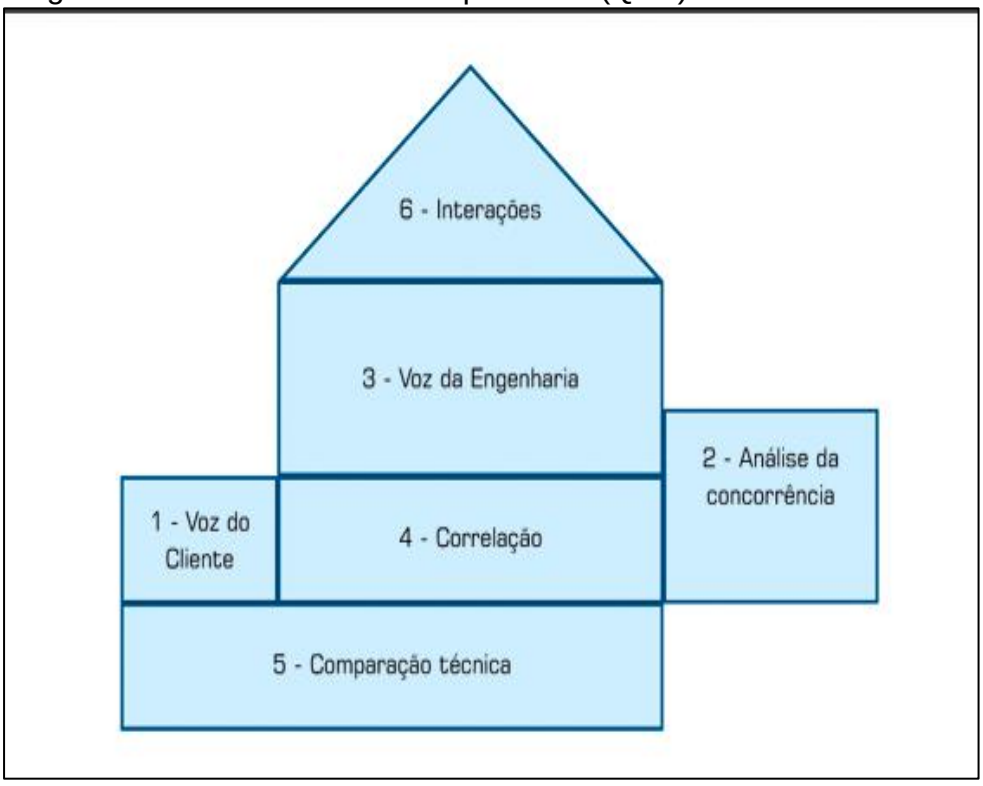
O QFD é uma ferramenta utilizada para auxiliar na transformação das necessidades dos clientes em especificações-meta, quantificando e traduzindo as informações obtidas em características mensuráveis, que devem refletir as características necessárias do produto para atender as necessidades dos clientes.

Segundo Amaral e outros (2006), entre os principais benefícios do QFD pode-se destacar algumas ações:

- Reduzir o número de mudanças de projeto;

- Diminuir o ciclo de projeto;
- Reduzir os custos de início de operação *(start-up)*;
- Reduzir reclamações de garantia;
- Garantir um planejamento da garantia de qualidade mais estável;
- Favorecer a comunicação entre os diferentes agentes que atuam no desenvolvimento do produto;
- Traduzir as vontades dos clientes que são vagas e não mensuráveis em características mensuráveis;
- Identificar as características que mais contribuem para os atributos de qualidade;
- Possibilitar a percepção de quais características deverão receber maior atenção.

Figura 1 – Modelo da casa da qualidade (QFD)



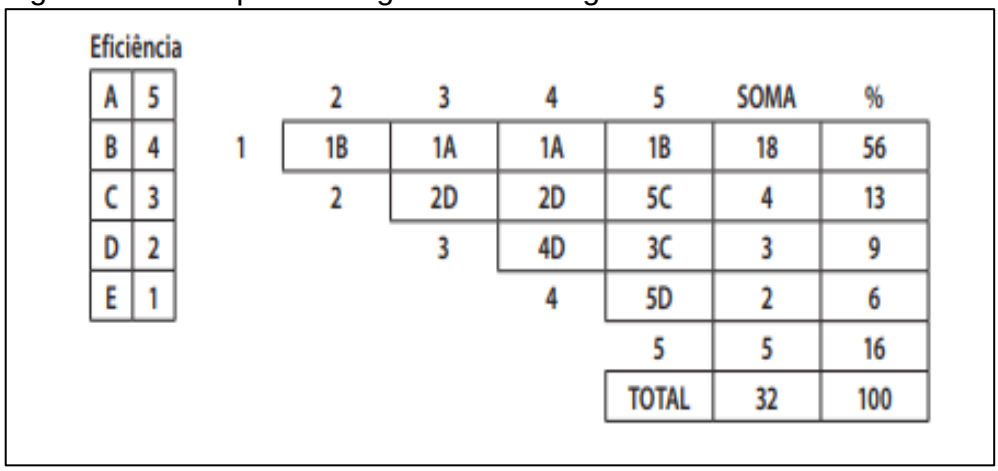
Fonte: Martins e Laugeni (2005).

2.1.2.2 Diagrama Mudge

Segundo Rocco e Silveira (2007), o diagrama de Mudge é uma ferramenta com a finalidade em ordenar os requisitos, relacionando-os de dois em dois entre eles mesmos, classificando-as por relevância.

Normalmente, essa comparação é feita enumerando os requisitos de 1 a n, onde n é a quantidade de requisitos a serem relacionados, logo após, são feitas as comparações e atribuições de valores. (NICKEL et al., 2010)

Figura 2 – Exemplo de diagrama de Mudge



Eficiência	
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

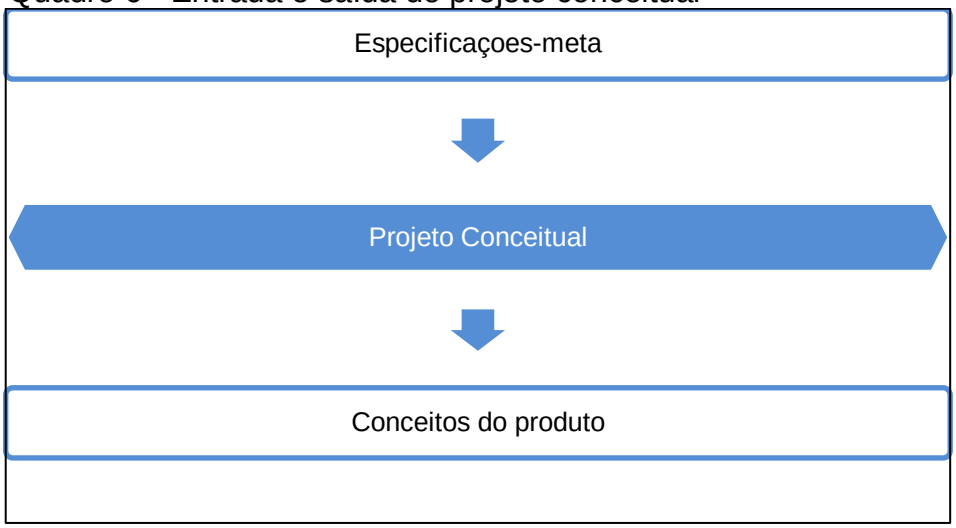
	2	3	4	5	SOMA	%
1	1B	1A	1A	1B	18	56
	2	2D	2D	5C	4	13
		3	4D	3C	3	9
			4	5D	2	6
				5	5	16
				TOTAL	32	100

Fonte: Nickel e outros (2010, p 714).

2.1.3 Projeto conceitual

O Projeto Conceitual confirma se a melhor solução está sendo proposta para atender a determinado requerimento ou necessidade nas diversas áreas de uma planta industrial, sendo a validação de uma ideia, tornando-se assim, a fase inicial do processo de projeto de um produto ou instalação. É através dele que são elaboradas as maneiras de solução para um determinado problema ou necessidade. (FONSECA, 2000)

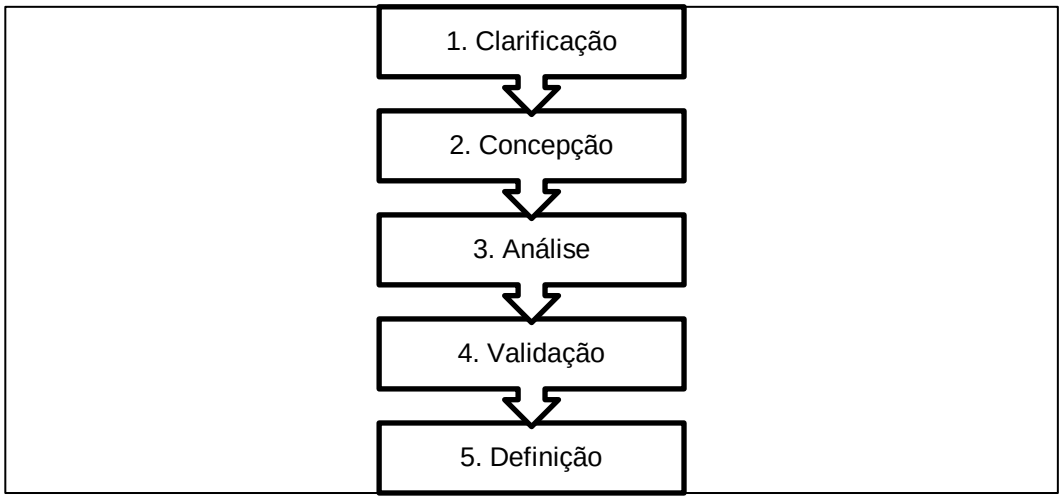
Quadro 6 - Entrada e saída do projeto conceitual



Fonte: Adaptado de Fonseca (2000).

Podemos destacar cinco fases observadas na elaboração de um Projeto Conceitual segundo Antunes (2011), apresentadas no quadro 7.

Quadro 7- Fases do Projeto Conceitual



Fonte: Adaptado de Antunes (2011).

Clarificação

Esta etapa tem o objetivo de identificar as necessidades ou problema e suas exigências, possibilitando melhores soluções. Para Pahl e outros (2005), um problema pode ser caracterizado por três situações:

- Uma situação inicial indesejada.
- Uma situação final desejada.
- Obstáculos que, num dado momento, impede a transformação da situação inicial indesejada na situação final desejada.

Pahl e outros (2005) ainda relatam que para a solução de um problema é necessário certo conhecimento dos fatos sobre o âmbito da realidade em o problema deve ser resolvido, conhecendo também determinados métodos e processos para a busca de soluções, garantindo uma ação eficaz.

Concepção

Esta etapa é o *Brainstorming* do projeto através de ideias, pesquisas, buscando reunir todas as informações necessárias, relacionando-as a todas as formas possíveis para atender aos requisitos.

Para Romano (2003), esta atividade tem o objetivo de reunir o maior número de concepções alternativas, possibilitando uma pré-seleção das mais promissoras.

Análise

Nesta etapa é realizada uma análise crítica e comparativa de cada ideia feita na fase anterior, levando em consideração vários aspectos, como o impacto ambiental, custo, eficiência, etc., mas sem descartar nenhuma proposição, apenas evidenciando e relacionando as desvantagens e vantagens de cada uma delas, envolvendo todos os domínios de conhecimento (ROMANO, 2003).

Várias estimativas de ideias deverão surgir ao longo do desenvolvimento do projeto, mas é necessário definir a mais adequada através de métodos apropriados e práticos (REIS, 2003).

Validação

Nesta fase é feita a validação das proposições analisadas na fase anterior, mediante ao conhecimento teórico e a análise das vantagens e desvantagens de cada uma delas, descartando as ideias não aplicáveis e as menos vantajosas e validando as que atendam de maneira mais eficiente aos requerimentos da solução pretendida.

Segundo Amaral (2006), essa etapa se diferencia da respectiva etapa do projeto informacional somente por um motivo, pois é possível julgar mais exatamente a concepção desejada, comentando em especificações físicas.

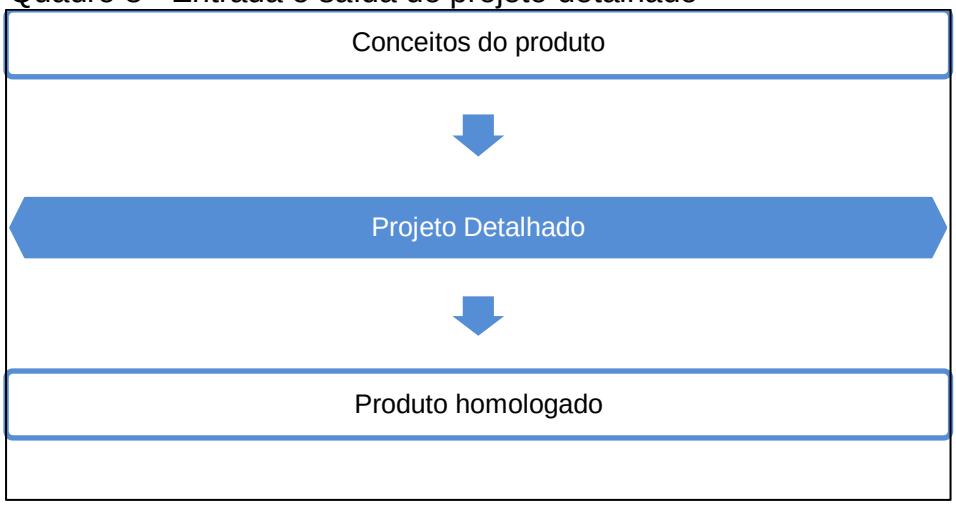
Definição

Nesta fase é a descrição completa da melhor proposição analisada, que traz os melhores resultados para o atendimento dos requerimentos da solução.

2.1.4 Projeto detalhado

Esta etapa tem o objetivo de detalhar as informações sobre a concepção do produto em informações técnicas, definindo sistemas, subsistemas e componentes do produto, como indicado no quadro 8.

Quadro 8 - Entrada e saída do projeto detalhado



Fonte: Adaptado de Fonseca (2000).

2.1.4.1 Elaborar layouts preliminares e desenhos de formas

Segundo Mantovani (2011), citado por Delevatti (2013), essa fase possui várias funções, como:

- ✓ Constatação dos requisitos definitivos;
- ✓ Elaborar o desenho ou esquema do produto;
- ✓ Constatação dos veículos de implicação física definitivos;
- ✓ Produção de *layouts* e projetos da estrutura.

2.1.4.2 Elaborar layouts detalhados e desenhos de formas

Primeiro, é feita a decisão de quais elementos funcionais de suporte são essenciais, visando sua usabilidade, procurando, por exemplo, componentes padronizados ou de catálogos em sites de empresa. Depois é feita a construção do layout de forma coesa entre os elementos de suporte e as soluções.

2.1.4.3 Finalizar as verificações

Mantovani, citado por Delevatti (2013), fala sobre as atividades elementares feitas nessa fase, sendo elas:

- ✓ Averiguar e finalizar os esquemas e desenhos;
- ✓ Averiguar erros e elementos de irregularidade;

2.1.4.4 Revisar o projeto

Nesta fase é feita a verificação se o protótipo exerce a função que foi estabelecida no projeto, fazendo uma verificação se o protótipo ou produto acata todas as exigências de especificações e regras elaboradas, sendo essa a última fase.

2.2 AUTOMAÇÃO

Alguns dos principais objetivos dos hardwares e softwares na automação industrial são aumentar a eficiência dos processos produtivos, maximizar a produção, minimizar custos, etc. Assim, podemos utilizá-lo para facilitar ao máximo a atividade dos operadores e gerenciadores dos processos.

Os sistemas de controles usados na automação são compostos por um conjunto de elementos, como sensores (capturam dados do processo), controladores (processam estes dados) e atuadores (atuam sobre o processo). Podendo controlar/ medir diversos tipos de variáveis do processo (*Process Variable* – PV), como vazão, PH, temperatura, entre outras.

O Arduino foi desenvolvido em 2005 na Itália, no *Interaction Design Institute na cidade de Ivrea*. Massimo Banzi, um professor que procurava um meio barato e fácil para que os estudantes de design pudessem trabalhar com tecnologia, junto com David Guartielles, um pesquisador visitante da Universidade de Malmõ na Suécia que buscava uma solução parecida, criaram o arduino, inicialmente usado na área educacional, mas por apresentar um baixo custo e facilidade de manuseio e programação, o uso do arduino vem apresentando um crescimento considerável nas empresas solucionando desde os problemas mais simples até os mais complexos (EVANS; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013).

O arduino permite o uso de inúmeros sensores, sendo eles: Sensores de presença, sensores de luz, sensores magnéticos e sensores ópticos, entre outros componentes.

Segundo a Equipe de Robótica da UFES - ERUS (2012), o Arduino permite que qualquer pessoa possa utilizá-lo com conhecimentos básicos sem precisar se preocupar com direitos autorais, por ser uma plataforma de prototipagem de código fonte aberto, tanto o hardware quanto a parte de software e bibliotecas, a figura 3 mostra um arduino visto de cima.

Figura 3- Arduíno Uno

Fonte: Rodrigues (2012)

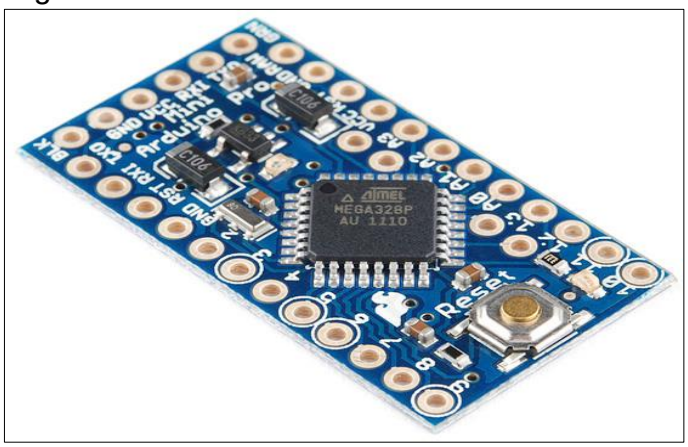
Martins (2005) define os microcontroladores como pastinhas inteligentes, munidos de um processador, pinos de entrada/saída e uma memória. Já para Tooly (2007), um microcontrolador e como um computador de um único chip feito para realizar tarefas de controle. Então podemos considerar que os microcontroladores podem ser programados para realizar tarefas especificas e integram elementos computacionais em um único chip.

Ou seja, um Arduino é um pequeno computador que pode ser programado para processar várias entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. O Arduino é um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software, ambos de fonte aberta, podendo utilizar livremente o código, os esquemas, o projeto e outros por qualquer pessoa.

2.2.1 Arduino Pro Mini

A diferença entre o Arduino Pro Mini e o Arduino Uno está basicamente em seu tamanho reduzido, como mostrado na figura 4, mantendo grande parte das facilidades e confortos, possuindo os mesmos pinos analógicos, digitais e PMW e o Led interno do pino 13, sendo uma opção também amigável para iniciantes e pequenos projetos, mas remove a porta USB própria, uma parte importante do que gera custo e o consumo de energia do Uno.

Figura 4- Arduíno Pro Mini



Fonte: Arduino (2014)

2.2.2 Sensores

Sensores são componentes eletrônicos que trabalham com medidas de grandezas físicas, por exemplo, pressão, luminosidade, temperatura, presença, entre outros, e essas grandezas coletadas do ambiente possibilitam a obtenção de informações sobre o meio físico onde está exposto, permitindo que um equipamento eletrônico possa interagir com o mundo.

Os sensores são transdutores que atuam convertendo partes de uma grandeza física em sinais elétricos correspondentes, possibilitando a interpretação desses valores por certos equipamentos eletrônicos (BORGES; DORES, 2010).

De acordo com Ribeiro (2004), os sensores podem ser classificados como:

- Sensores externos, que lidam com a observação de aspectos do mundo exterior ao robô. Exemplo: Sensores de contato, de proximidade, de força, de distância, de laser, de ultrassom, de infravermelhos e sensores químicos;
- Sensores internos, que fornece informação sobre os parâmetros internos do robô, Exemplo: a velocidade ou sentido de rotação de um motor, ou o ângulo de uma junta. Potenciômetros, codificadores (encoders) e os sensores inerciais (incluindo acelerômetros, giroscópios, inclinômetros e bússolas).

Outra classificação existente é de acordo com o modo como geram a energia envolvida no processo de sensoriamento.

- Sensores ativos medem através da emissão de energia para o ambiente ou por modificarem o ambiente, como por exemplo, sensores laser, sensores de

ultrassom e os sensores de contato.

- Sensores passivos, não emitem energia, mas pelo contrário, recebem energia do ambiente (RIBEIRO, 2004). Um exemplo de sensor passivo são os sensores ópticos que recebem do ambiente a luminosidade necessária para o acionamento dos mesmos.

Outra classificação agrupa os sensores pelo tipo de grandeza que avaliam.

- Sensores de distância - laser, ultrassom;
- Sensores de posicionamento absoluto do robô - sistemas de GPS;
- Sensores ambientais - que indicam temperatura, umidade;
- Sensores inerciais - que indicam componentes diferenciais da posição do robô como, por exemplo, aceleração ou velocidade.

2.2.2.1 Sensor de Temperatura – DS18B20

Este sensor, mostrado na figura 5, permite fazer medições em locais úmidos e/ou molhados, por ser à Prova D'água, além de ser bastante preciso, com ±0.5°C de exatidão.

Figura 5 - Sensor de Temperatura – DS18B20

Fonte: Thomsen (2015).

2.2.2.2 Sensor de frequência cardíaca

O sensor de Frequência cardíaca de pulso, na figura 6, faz a leitura das batidas do coração através de um sensor óptico amplificado enviando esses dados para o microcontrolador através de um pino de sinal.

Figura 6 - Sensor de frequência cardíaca

Fonte: Kenshima (2017)

2.2.3 Atuadores

Os atuadores são componentes que, assim como os sensores, são transdutores, ou seja, transformam uma forma de energia em outra, porém os atuadores fazem o caminho inverso, ele transforma um sinal elétrico em uma grandeza física, como: movimento, magnetismo, calor entre outros.

Segundo Brugnari e Maestrelli (2010), os atuadores são qualquer elemento que atenda um comando recebido de um outro dispositivo, atendem a comandos que podem ser automáticos ou manuais com base em um critério ou uma entrada

2.2.3.1 Display OLED 0.96″

OLED significa *Organic Light-Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz Orgânico. Este display possui uma resolução de 96x64 pixels, interface de comunicação SPI (*Serial Peripheral Interface*) e baixo consumo de energia.

Segundo Arduino e Cia (2015), uma das vantagens do OLED é uma economia considerável de energia, uma vez que não necessite de uma luz traseira como as

telas de LCD e LED normais, pois possui uma propriedade chamada Eletroluminescência (EL), fazendo com que o material brilhe ao ser estimulado por uma corrente ou um campo elétrico.

Figura 7 - Display OLED 0.96″

Fonte: Thomsen (2015).

2.2.4 Controladores

Já unidade de controle é responsável pelo gerenciamento e monitoramento dos parâmetros operacionais requeridos para realizar as tarefas do sistema, podendo controlar os processos de quatro formas:

- Controle Proporcional (P);
- Controle Integral (PI);
- Controle Derivativo (PD);
- Controle Proporcional Integral Derivativo (PID).

Cada um destes modos citados reage de forma diferente ao erro presente nos sistemas:

Controle P

O controlador Proporcional ajusta a variável de controle de forma proporcional ao erro.

Controle PI

O controlador proporcional e integral têm em sua ação de controle, diferentes proporcionalidades em relação ao sinal, emitindo um sinal que vai para o sistema instantaneamente, proporcional ao erro ou a integral do erro.

Controle PD

O controlador derivativo ajusta a variável de controle tendo como base a taxa de variação do erro.

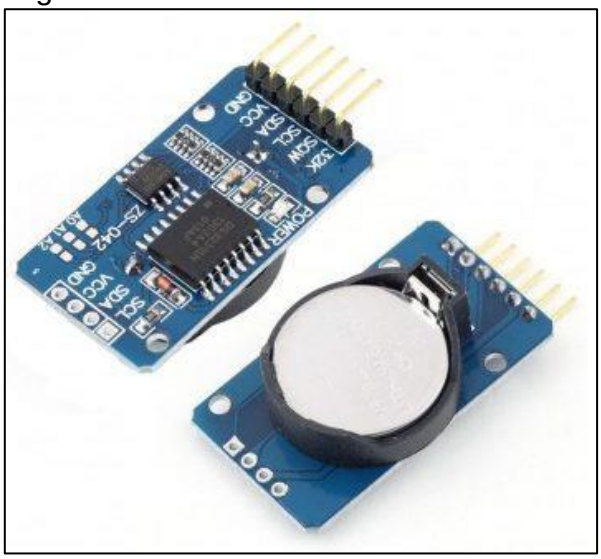
Controlador PID

O controlador Proporcional Integral Derivativo, como o nome sugere, é a junção de ações proporcional, integral e derivativa. A ação proporcional minimiza o erro, a integral zera o erro e a derivativa obtém com uma velocidade maior.

2.2.4.1 Real Time Clock - RTC DS3231

O RTC, na figura 8, é um dispositivo capaz de funcionar como um relógio, em tempo real e com uma alta precisão com um baixo consumo de energia, tendo nele embutido um sensor de temperatura possuindo um cristal oscilador para uma melhor exatidão.

Figura 8 - RTC DS3231



Fonte: Madeira (2014)

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente trabalho, quanto à natureza, uma pesquisa aplicada, tendo como base conhecimentos teóricos e práticos aprendidos em sala de aula para ajudar diretamente no acompanhamento de alguns pontos vitais, com o objetivo de mostrar uma aplicação da automação para a inovação de produtos.

Quanto à abordagem utilizada neste trabalho, foi utilizada a pesquisa qualitativa, por se tratar de um experimento, se preocupando com o aprofundamento da compreensão sobre o assunto proposto.

Pesquisa exploratória e explicativa, mostrando uma das áreas da saúde que o Arduino pode ser inserido para facilitar o acompanhamento e descrevendo esse processo.

> A pesquisa exploratória busca apenas levantar informações sobre um determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto. Na verdade, ela é uma preparação para a pesquisa explicativa.
> A pesquisa explicativa é aquela que, além de registrar e analisar os fenômenos estudados, busca identificar suas causas, seja através da aplicação do método experimental/matemático, seja através da interpretação possibilitada pelos métodos qualitativos (SEVERINO, 2016, p 57)

Pesquisa bibliográfica e experimental baseando-se em livros e criando códigos esquemas que possibilitem uma solução para o problema enfrentado.

> Experimental: – Objetiva criar condições para interferir no aparecimento ou na modificação dos fatos, para poder explicar o que ocorre com fenômenos correlacionados.
> Bibliográfica: – Recupera o conhecimento científico acumulado sobre um problema. (RODRIGUES et. al,2007, p. 7)

As ferramentas aqui utilizadas foram tabelas e quadros para demonstração de resultados e simplificações de informações.

> A pesquisa pode ser considerada um procedimento formal com método de pensamento reflexivo que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais. Significa muito mais do que apenas procurar a verdade: é encontrar respostas para questões propostas, utilizando métodos científicos. [...] (MARCONI, LAKATOS, 2013, p. 43)

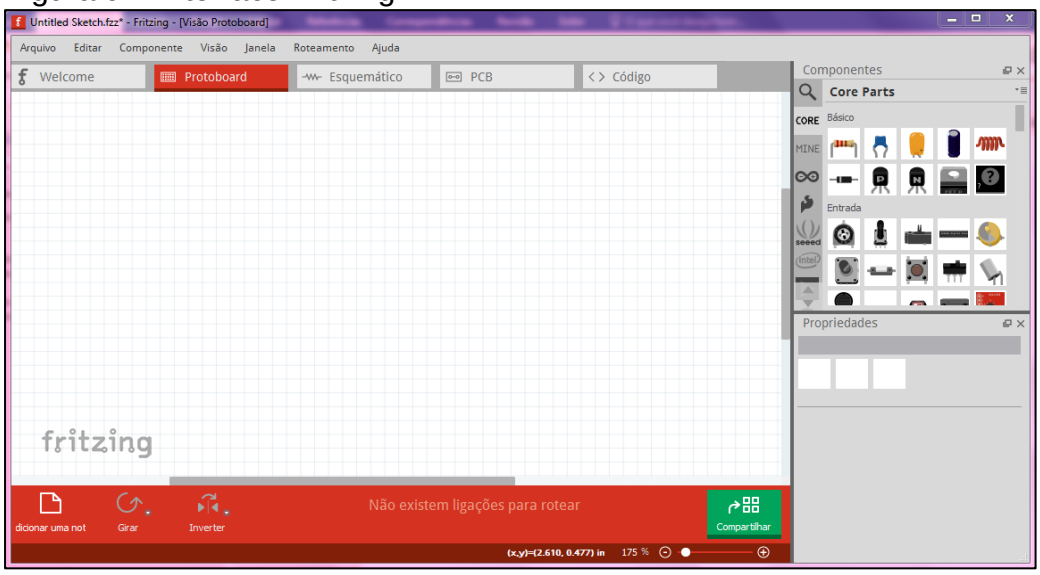
Parte da pesquisa teve inicio no mês de Março de 2017e foi concluída no mês de Maio de 2018, no Centro Universitário Católico de Vitoria.

A criação do experimento deu-se a partir da ferramenta QFD e a automação, que foi a metodologia principal para o desenvolvimento do protótipo conforme pesquisa dos requisitos do cliente, inovando um produto.

Os apoios científicos para o desenvolvimento do protótipo foram a automação industrial, engenharia do produto e a simulação e modelagem. A pesquisa foi dividida em três etapas, sendo a primeira etapa o levantamento dos dados e informações. A segunda etapa foi o momento em que se elaborou um protótipo que acompanha a temperatura e monitora os batimentos cardíacos e sequencialmente a terceira etapa, foi a aplicação, por meio de simulação, testando o seu funcionamento.

Para a esquematização do projeto foi utilizado o aplicativo *Fritzing*, mostrado na figura 9, a fim de tornar mais real e visível o seu funcionamento.

Figura 9 – Interface Fritzing



Fonte: Elaboração própria.

Para a criação do código, foi utilizado como apoio o blog do Felipe Flop, que traz em sua página vários projetos com cada um dos componentes utilizados no protótipo. (KENSHIMA, 2017; THOMPSEN, 2005; THOMPSEN, 2004)

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

Nessa etapa foram identificados os possíveis clientes do produto, suas necessidades sendo transformadas em requisitos e posteriormente sendo moldados virando as especificações do projeto.

3.1.1 Identificar as necessidades dos clientes

Para a identificação das necessidades dos clientes, foram analisadas as exigências de produtos parecidos em sites de compra e venda e revistas de moda, a fim de conhecer e entender quais as principais funções, modelos e outras necessidades do público alvo.

3.1.2 Identificar os requisitos do projeto

Após análise das necessidades dos clientes, tendo como premissa principal o foco no cliente, desdobraram-se as necessidades dos clientes em requisitos de projeto, ou seja, transformando-as em uma linguagem de engenharia.

3.1.3 Classificação dos requisitos do cliente

De acordo com Vilarouca (2008), o método empregado pela matriz *Mudge*, compreende em uma avaliação de relacionamento entre as funções e consequentemente combinando-as e quantificando o nível de importância (utilizando uma escala pré-determinada).

3.2 PROJETO CONCEITUAL

Dando sequência a fase anterior, após a aplicação do QFD, foram delimitadas as especificações do projeto, auxiliando na qualidade do protótipo durante a fase de desenvolvimento.

3.3 PROJETO DETALHADO

Nesta fase foi definido o código de programação, simulações do funcionamento para validar o funcionamento do produto conforme proposto inicialmente.

Os materiais utilizados no projeto para criar o Relógio medidor de temperatura corporal e batimentos cardíacos seguem listados:

- Arduino Pro Mini
- Sensor de temperatura DS18B20
- Display 0.96’ OLED
- Real Time Clock (RTC DS32361)
- Sensor de frequencia cardíaca

3.4 PROGRAMAÇÃO

O código foi adaptado a partir de outros códigos disponíveis em sites, a fim de obter o resultado inicialmente proposto, utilizando a linguagem C++. As simulações foram realizadas para obter veracidade no funcionamento do protótipo. A simulação do código foi feita com os recursos disponíveis no laboratório acadêmico da instituição de ensino, substituindo o sensor de temperatura e de batimentos cardíaco por potenciômetros, podendo controlar as faixas que irão trabalhar e outros componentes por componentes equivalentes, como o Display OLED 0.96”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QFD E MUDGE

O quadro 9 foi resultado de pesquisa comparativa realizadas em sites para descobrir as necessidades e expectativas de possíveis clientes em relação ao protótipo, como gestantes e atletas. Logo após analisadas, pode-se então definir os requisitos do cliente, ou seja, uma melhor tradução para uma linguagem da engenharia, baseado nas necessidades dos clientes.

O quadro 9 mostra o desdobramento dos requisitos dos clientes transformando-se em requisitos do produto, assim tornando-os mensuráveis para dar continuidade à aplicação do QFD.

Quadro 9 – Requisitos do cliente x Requisitos do produto

Requisitos do cliente	Requisitos do Produto
Precisão	Precisão nos resultados
	Capacidade de aferir a temperatura
	Capacidade de monitorar batimentos cardíacos
Tela Legível	Nitidez no visor
Design Atraente	Conforto (Peso e Ergonomia)
	Materiais leves
Agilidade	Velocidade de resposta
Suporte técnico	Confiabilidade
	Conexões fáceis
Preço baixo	Componentes de baixo custo
Baixa complexidade	Menor número de peças
Sustentabilidade	Durabilidade
	Baixa agressão ambiental

Fonte: Elaboração própria.

Na próxima fase, para cada requisito do cliente foi designado um número, numa ordem que permitisse correlações entre eles, totalizando em 8 requisitos do cliente, conforme tabela 1, classificando o mais importante como A, importante como B e pouco importante como C.

Tabela 1 –Diagrama de Mudge

	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	%	ORDEM
1	2A	3B	1B	1B	6A	7C	8C	2	3%	6º
	2	2B	2A	2B	2C	2C	2A	23	37%	1º
		3	3C	3C	6C	3C	3C	7	11%	4º
			4	4B	6B	7C	4C	4	6%	5º
				5	6B	7B	5B	0	0%	8º
					6	6B	6B	18	29%	2º
						7	7B	8	13%	3º
							8	1	2%	7°
							TOTAL	63	100%	

A=	5
B=	3
C=	1

Fonte: Elaboração própria.

O quadro 10 foi resultado da análise da Matriz Mudge, com os requisitos dos clientes e suas respectivas importâncias.

Quadro 10 – Importância requisitos dos clientes

Requisitos do Cliente	Importância
Precisão	5
Tela Legível	5
Design Atraente	3
Agilidade	1
Suporte técnico	1
Preço baixo	1
Baixa complexidade	1
Sustentabilidade	1

Fonte: Elaboração Própria

Os quadros 9 e 10 e a tabela 1 são dados e informações fundamentais para construção da casa da qualidade, após o levantamento e processamento destas informações, tornando-as em informações técnicas quantitativas, possibilitando a construção do QFD, que nortearam a construção do protótipo do projeto, sendo então aprovado por atender todas as metas exigidas e normas trabalhadas ao decorrer dessa fase.

Os símbolos utilizados dentro da casa representam o peso e as quantificações para cada um dos requisitos relacionados (cliente x projeto), podendo ser forte, médio ou fraco, detalhados no quadro 11 com seus respectivos pesos.

Quadro 11 – Relação cliente x projeto

RELAÇÃO CLIENTE X PROJETO		
◉	FORTE	9
Δ	MÉDIO	3
◎	FRACO	1

Fonte: Elaboração própria

Para o preenchimento do “telhado” da casa, foi preciso identificar as relações entre os requisitos do projeto, representadas por símbolos mostrados no quadro 12.

Quadro 12 – Relação projeto x projeto (telhado)

RELAÇÃO PROJETO X PROJETO	
∓	Fortemente positivo
+	Positivo
-	Negativo
∸	Fortemente negativo
*	Sem relação

Fonte: Elaboração própria

Estes pesos servem para a obtenção da importância absoluta e relativa de cada um dos requisitos do projeto, para importância absoluta, é feito um somatório do produto dos pesos com o grau de importância de cada requisito do cliente, e para a obtenção da importância relativa, divide a somatória das importâncias relativas com a individual do requisito do projeto desejado.

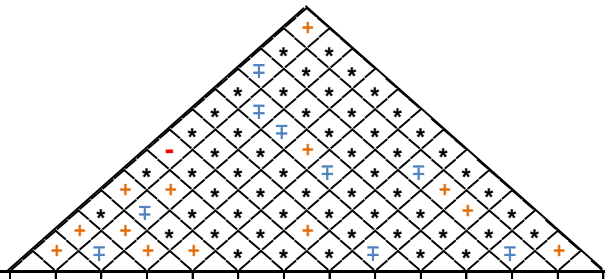
Por se tratar de um produto novo no mercado, não foi possível fazer a análise com os concorrentes externos, além de se tratar de um protótipo, podendo ser analisado futuramente.

E para finalizar o QFD, foram identificadas as dificuldades técnicas de cada requisito do projeto e priorizando-os e projetando as metas da qualidade.

A figura 10 mostra a matriz *Quality Function Deployment* (QFD), produzida de acordo com a metodologia realizada, as especificações técnicas do protótipo foram definidas e assim orientando a construção do protótipo do produto.

Figura 10 – QFD (Quality Function Deployment)

QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)



Unidade de medida		Anos	teste	ºC	ms	BPM	"	$	g	g	nº	teste	pç	teste	
REQUISITOS DO PROJETO >	**Importância para o cliente**	Durabilidade	Confiabilidade	Capacidade de aferir a temperartura	Velocidade de resposta	Capacidade de monitorar batimentos cardíacos	Nitidez no visor	Componentes de baixo custo	Conforto (Peso e Ergonomia)	Materiais leves	Precisão nos resultados	Baixa agressao ambiental	Menor número de peças	Conexoes fáceis	
REQUISTOS DO CLIENTE															
Precisão	5	◎	◉	◉	◎	◉	◎	◎	◎	◎	◉	◎	◎	◎	
Tela Legível	5	◎	Δ	◎	◎	◎	◉	◎	Δ	◎	◎	◎	◎	◎	
Design Atraente	3	◎	◎	◎	◎	◎	Δ	◎	◉	Δ	◎	◎	◎	◎	
Agilidade	1	◎	Δ	Δ	◉	Δ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
Suporte técnico	1	Δ	◉	◉	Δ	◉	◉	◎	◎	◎	◉	Δ	◉	◉	
Preço baixo	1	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◉	◎	◎	◎	◎	◉	◎	
Baixa complexidade	1	◎	◎	◎	◎	◎	Δ	◎	◎	◎	◎	◎	◉	◉	
Sustentabilidade	1	◉	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◉	◉	◎	
Importância Absoluta		28	78	68	28	68	74	26	52	24	147	28	50	34	
Importância Relativa		**25**	**9**	**10**	**25**	**10**	**9,5**	**27**	**14**	**29**	**4,8**	**25**	**14**	**21**	
Dificuldade técnica (1-5)		**4**	**4**	**3**	**3**	**3**	**4**	**2**	**3**	**2**	**3**	**4**	**2**	**2**	1 - fácil
Metas especificações		1 - 3 anos	99,50%	-55°C a +125°C	250 ms	x BPM	0,96"	Pesquisa de mercado	x gramas	x gramas	+/- 0,5 ºC	Programa ambiental	6 Peças	Tecnologia	5 - dificil

Fonte: Elaboração própria.

4.2 PROGRAMAÇÃO

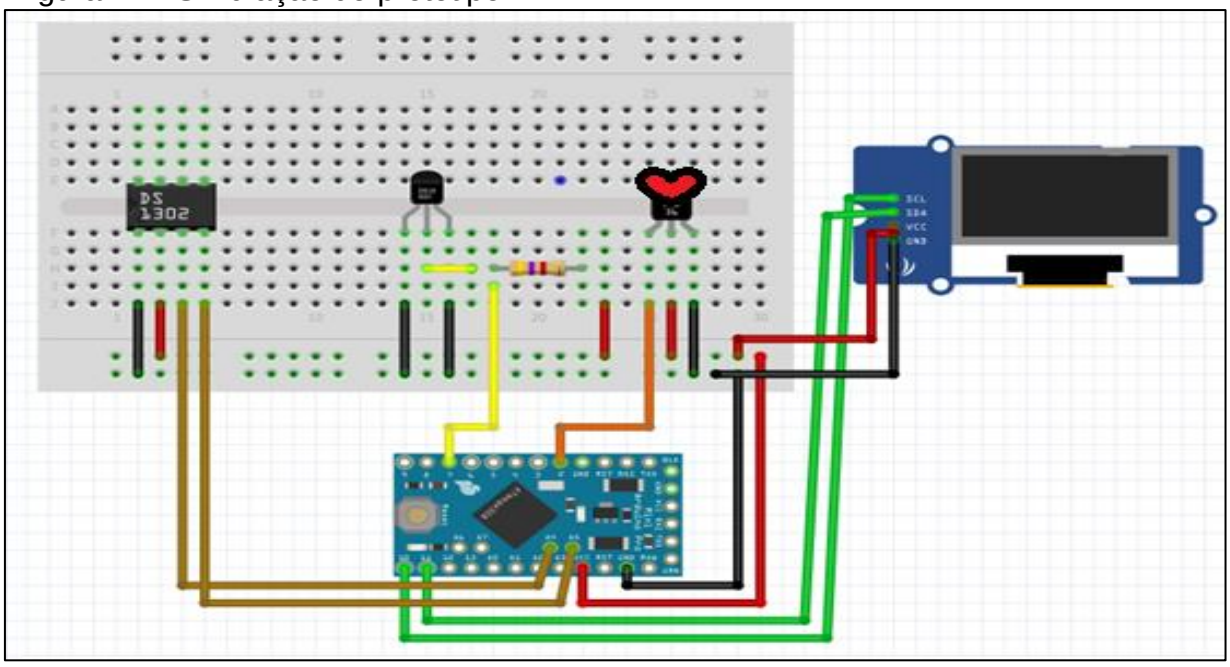
4.2.1 Esquematização e prototipagem

Foi utilizada a ferramenta *Fritzing* para esquematização e prototipagem presente na figura 11, a simulação do código foi feita com os recursos disponíveis no laboratório acadêmico da instituição de ensino, substituindo o sensor de temperatura e de batimentos cardíaco por potenciômetros, podendo controlar as faixas que irão trabalhar e outros componentes por componentes equivalentes, como o Display OLED 0.96”.

A figura 11 mostra a esquematização cos componentes necessários para o desenvolvimento do protótipo:

- ✓ 1 Microcontrolador Arduino Pro Mini;
- ✓ 1 Resistor de 4,7kΩ;
- ✓ 18 jumpers;
- ✓ 1 Display OLED 0.96”;
- ✓ 1 Sensor de Temperatura;
- ✓ 1 Sensor de frequência cardíaca;
- ✓ 1 Real time Clock (RTC DS3231).

Figura 11 - Simulação do protótipo



Fonte: Elaboração Própria.

4.2.2 Código de programação

O código foi escrito na linguagem C++, com a finalidade de unir em um único objeto (relógio) funções de termômetro e sensor de frequência cardíaca utilizando um arduino Uno para fazer essa ligação.

Quadro 13 – Código parte 1

```
1  #define PROCESSING_VISUALIZER 1
2  int pulsePin = 0;
3  int blinkPin = 13;
4  int fadePin = 5;
5  int fadeRate = 0;
6  volatile int BPM;
7  volatile int Signal;
8  volatile int IBI = 600;
9  volatile boolean Pulse = false;
10 volatile boolean QS = false;
11 static int outputType = SERIAL_PLOTTER;
12
13 #include <DS1307.h>
14 DS1307 rtc(A4, A5);
15
16 #include <OneWire.h>
17 #include <DallasTemperature.h>
18 #define DS18B20 7
19 OneWire ourWire(DS18B20);
20 DallasTemperature sensors(&ourWire);
```

Fonte: Elaboração própria.

No quadro 13, da linha 1 a 11, estão as definições e bibliotecas necessárias para o funcionamento do sensor de frequência cardíaca no programa, da linha 2 a linha 5 estão definidas as entradas dos pinos do sensor ao Arduino, as outras absorvem informações como: dados brutos recebidos, intervalo de tempo entre as batidas, se há pulsação no momento para ser detectada.

No mesmo quadro, nas linhas 13 e 14 está sendo chamada a biblioteca necessária para o funcionamento do módulo RTC DS1307 no programa, tendo também definida sua entrada ao Arduino.

Ainda no quadro 13, da linha 16 a 20, estão as definições e bibliotecas necessárias para o funcionamento do sensor de temperatura DS18B20 no programa, na linha 18 está definida sua entrada no Arduino, definindo também uma instancia do *oneWire* para comunicação entre o Arduino e o sensor.

Quadro 14 – Código parte 2

```
21 #include <SPI.h>
22 #include <Wire.h>
23 #include <Adafruit_GFX.h>
24 #include <Adafruit_SSD1306.h>
25
26 #define OLED_MOSI   9
27 #define OLED_CLK   10
28 #define OLED_DC    11
29 #define OLED_CS    12
30 #define OLED_RESET 13
31 Adafruit_SSD1306 display(OLED_MOSI, OLED_CLK, OLED_DC,
   OLED_RESET, OLED_CS);
32
33 #if (SSD1306_LCDHEIGHT != 64)
34 #error("Height incorrect, please fix Adafruit_SSD1306.h!");
35 #endif
36
37 #define Button 6
```

Fonte: Elaboração própria

Neste quadro 14, da linha 21 a 35, estão as bibliotecas, especificações e entradas do display OLED 0.96’ ao arduino, essenciais para seu funcionamento no programa, e ao final do quadro, linha 37, trata-se da entrada de um botão comum para acionamento do sensor de temperatura e leitor de batimentos cardíacos.

Quadro 15 – Código parte 3

```
38 void setup() {
39         Serial.begin(9600);
40   display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC);
41   display.clearDisplay();
42
43   pinMode(blinkPin,OUTPUT);
44   pinMode(fadePin,OUTPUT);
45   Serial.begin(115200);
46   interruptSetup();
47
48   rtc.halt(false);
49         rtc.setDOW(FRIDAY);      //Define o dia da semana
50         rtc.setTime(20, 37, 0);     //Define o horario
51         rtc.setDate(30, 5, 2018);   //Define o dia, mes e ano
52
53   rtc.setSQWRate(SQW_RATE_1);
54   rtc.enableSQW(true);
55
56   delay(1000);
57   sensors.begin();
58
59   pinMode(Button,INPUT);
60 }
```

Fonte: Elaboração própria.

O quadro 15 apresenta a função *Void setup*, esta função é usada para iniciar e declarar as variáveis, definindo os pinos de entradas e saídas, sendo executada somente uma vez quando o programa começa ou quando é utilizado a função Reset.

Quadro 16 – Código parte 4

```
61 void loop() {
62
63 texto_inicial();
64 delay(5000);
65 display.clearDisplay();
66 texto_scroll();
67 delay(2000);
68 display.clearDisplay();
69
70 if (digitalRead(Button) == HIGH) {
71 sensors.requestTemperatures();
72
73 serialOutput() ;
74 if (QS == true){
75 fadeRate = 255;
76 serialOutputWhenBeatHappens();
77 QS = false;
78 }
79 ledFadeToBeat();
80 }
81 delay(20);
69 }
```

Fonte: Elaboração própria.

A função apresentada no quadro 16*, Void Loop*, é responsável por fazer o programa rodar e continuar rodando, repetindo-se continuamente a fim de fazer com que o programa funcione dinamicamente, limpando o visor e atualizando informações quando lidas pelos sensores, enquanto o botão estiver apertado o visor irá mostrar valores de temperatura corporal e batimentos cardíacos, quando *LOW*, as horas.

Quadro 17 – Código parte 5

(Continua)

```
70 void ledFadeToBeat(){
71 fadeRate -= 15;
72 fadeRate = constrain(fadeRate,0,255);
73 }
74
75 void texto_inicial(void)
76 {
77 display.setTextSize(1);
78 display.setTextColor(WHITE);
79 display.setCursor(0,0);
80 display.println(rtc.getDateStr(FORMAT_SHORT));
```

(Conclusão)

```
81 display.println();
82 display.setTextSize(2);
83 display.print();
84 display.println(rtc.getTimeStr());
85 display.println();
86 display.display();
87 }
88 if (digitalRead(Button) == HIGH) {
89
90 void texto_scroll(void)
91 {
92 display.setTextSize(1);
93 display.setTextColor(WHITE);
94 display.setCursor(0,0);
95 display.println(sensors.getTempCByIndex(0));
96 display.println();
97 display.setTextSize(2);
98 display.setTextColor(WHITE);
99 display.setCursor(10,0);
100   display.clearDisplay();
101   display.println("Batimentos:");
102   display.println(fadePin,fadeRate);
103   display.drawHeart(121,24, 6, WHITE);
104   delay(500)
105   display.fillHeart(121,39, 6, WHITE);
106   delay(500)
107   display.drawHeart(121,24, 6, WHITE);
108   delay(500)
109   display.fillHeart(121,39, 6, WHITE);
110   display.display();
111   }
112   }
```

Fonte: Elaboração própria.

Neste último quadro, é feita a transformação dos batimentos lidos em valores numéricos que possam ser mostrados na tela, e por fim, são definidas as informações a serem mostradas no visor de acordo com cada situação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O maior objetivo do projeto foi almejado, que foi simular a construção do protótipo de um relógio que controla a temperatura corporal e monitora os batimentos cardíacos, simulando e validando o seu funcionamento em conformidade com as necessidades dos clientes, possibilitando a futura criação deste produto inovador.

Apesar das limitações encontradas nos softwares para simulação e teste, nada afetou negativamente o andamento do projeto, foram supridas as ausências com alternativas, rompendo esses limites.

A Casa da Qualidade, ou QFD, foi uma das principais ferramentas utilizadas no desenvolvimento do protótipo, dando as direções, transformando as necessidades em requisitos, facilitando o andamento do projeto.

Por ser um produto inovador, não foram encontrados concorrentes que fabriquem relógios capazes de aferir a temperatura corporal, somente a frequência cardíaca, como, FitBit e Apple Watch, portanto, não foi possível realizar uma análise de mercado, este projeto teria grandes vantagens, por utilizar componentes de baixo custo.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção.** 2008. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&s=1&c=362> Acesso em: 20 abr. 2018.

AMARAL et. al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos** - Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo, Saraiva 2006.

ANTUNES, P. R. **Projeto conceitual: O que é, e porque fazê-lo.** Revista Meio Filtrante, 2011. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?id=743&link=ultima&fase=C> Acesso em: 24 abr. 2018.

ARDUINO e cia. **Como programar o Arduino Pro Mini usando conversor FTDI**. Arduino e Cia, 2014. Disponível em: < https://www.arduinoecia.com.br/2014/09/conversor-ftdi-ft232rl-arduino-pro-mini.html>. Acesso em: 30 maio 2018.

BORGES, L. P.; DORES, R. C., **Automação predial sem fio utilizando bacnet/zigbee com foco em economia de energia**. 2010, 76f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação – UNB, Brasília, 2010.

BOTELHO, P.R.; MIRANDA, E.F. **Principais recomendações sobre a prática de exercícios físicos durante a gestação.** Revista Cereus. v.3, n.2, p. 1-10,2011.

BRUGNARI, A.; MAESTRELLI, L. H. M. **Automação Residência via Web**, CURITIBA 2010.

CHENG, L. C. E FILHO, L. D. R. M. **QFD – Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos.** São Paulo: Editora Blucher, 2007.

DELEVATTI, G. B. **Desenvolvimento de uma impressora 3d do tipo rep rap.** 2013. 64 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em Engenharia Mecânica) – Ciências Exatas, Faculdade Horizontina, Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em:<http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2013/Mec_Giordano.pdf> Acesso em: 20 abri. 2018.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Florianópolis, 2000. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. Product development decisions: A review of the literature. **Management science**, v. 47, n. 1, p. 1-21, 2001.

KENSHIMA, G. **Aprenda a usar o Sensor de frequência cardíaca.** FelipeFlop, 2017. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/aprenda-usar-o-sensor-de-

frequencia-cardiaca/>. Acesso em: 30 maio 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia do trabalho científico**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2013.

MACHADO, M.C. & TOLEDO, N. N. **Criação de valor no Processo de Desenvolvimento de Produtos: Uma avaliação da aplicabilidade dos princípios e práticas enxutas.** Revista Gestão Industrial. Ponta Grossa. v. 2. n. 3. p. 142-153, 2006.

MADEIRA, D**. RTC DS3231 – Registrando data e hora com Arduino.** Vida de Silício, 2014. Disponível em: < https://portal.vidadesilicio.com.br/real-time-clock-rtc-ds3231/>. Acesso em: 30 maio 2018.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva. 2005.

NICKEL, E. M.; FERREIRA, M. G. G.; FORCELLINI, F. A.; SANTOS, C. T.; SILVA, R. A. A. **Modelo multicritério para referência na fase de projeto informacional do processo de desenvolvimento de produtos**. Gestão e Produção, v. 17, n. 4, p. 707-720, 2010.

PAHL, G.; et. al. **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produto**, métodos e aplicações. São Paulo: Edgard Blucker; 2005.

REIS, A.V. **Desenvolvimento de concepção para dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas.** Tese Doutorado em projetos de Sistemas Mecânicos CTC/EMC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

ROCCO, A. M.; SILVEIRA, A. D. **Ferramental para eficiência em vendas**. In: Congresso de Administração e Gerência, 2008, Cascavel. Anais... Cascavel: Congresso de Administração e Gerência, 2008.

RODRIGUES, M. **Tutorial Ultra-rápido de Arduino**. Laboratório de garagem, 2012. Disponível em: < http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-ultra-rapido-de-arduino>. Acesso em: 30 maio 2018.

RODRIGUES, W. C. et al. **Metodologia científica**. Faetec/IST. Paracambi, 2007.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.** Tese Doutorado em Engenharia Mecânica. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

ROZENFELD, H; Forcellini, F. Amaral, D.C; Toledo, J; Alliprandini, D. Silva, S. L. e Scalice, R. **Desenvolvimento de Produto: Uma referência para Melhoria do Processo.** Editora Saraiva, 2006.

SANTOS,S.C.;VESPASIANO,B.S**. Exercício físico na gestação.**
Revista Cientifica Eletrônica de ciências Aplicadas na Faculdade deltapeva.
Maio, p. 1-7, 2014.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24 ed. São Paulo: Cortez, 2016

SLACK, N. et. al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1995.

THOMSEN. A. **Como conectar o Display Oled ao Arduino.** FelipeFlop, 2015. Disponível em: < https://www.filipeflop.com/blog/como-conectar-display-oled-arduino/>. Acesso em: 30 maio 2018.

THOMSEN. A. **Medindo temperatura debaixo d'água com DS18B20.** FelipFlop, 2015. Disponível em: < https://www.filipeflop.com/blog/sensor-de-temperatura-ds18b20-arduino/>. Acesso em: 30 maio 2018.

THOMSEN. A. **Relógio com o módulo RTC DS1307.** FelipFlop, 2014. Disponível em: < https://www.filipeflop.com/blog/relogio-rtc-ds1307-arduino/>. Acesso em: 30 maio 2018.

ULRICH, K. & EPPINGER, S. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill, 1995.

VILAROUCA, M.G. **Processo de desenvolvimento de produto eletro-eletrônico focado no valor: um estudo de** caso. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, v. 28, out. 2008. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_073_521_12053.pdf>. Acesso em: 30 maio 2018.