

DOAR: SISTEMA WEB PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA DE SANGUE.

Itágores L. B. de Lira¹, Daniel F. L. De Souza², Breno B. T. Carmo³

Resumo: As informações limitadas sobre a demanda de sangue, juntamente com a diversidade de produtos que podem ser produzidos a partir desse material, dificulta o gerenciamento eficiente do inventário de derivados de sangue, ocasionando incerteza de disponibilidade das bolsas de derivados de maior necessidade e altos níveis de estoque dos derivados de menor demanda. Nesta perspectiva, com o objetivo de dar suporte ao processo de planejamento da coleta de sangue, faz-se necessário estabelecer metas e objetivos para coleta e processamento, de forma a melhor utilizar os recursos (doadores aptos por tipo sanguíneo). No entanto, a literatura sobre gestão de inventário em bancos de sangue é escassa, reforçando a necessidade de novas pesquisas sobre o assunto. Este trabalho apresenta uma solução implementada em *software*, denominado Doar, capaz de otimizar processos de coletas que gerencia o inventário de bancos de sangue. O objetivo do Doar é fidelizar doadores voluntários, auxiliar campanhas de coleta e equilibrar a demanda por derivados e a coleta de bolsas de sangue.

Palavras-chave: Doação de sangue ; Sistema Web; Otimização de Processos; Usabilidade; Bootstrap.

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias de informação e comunicação permitem a melhoria da qualidade dos serviços prestados em diversas áreas, dentre as quais, os bancos de sangue. Entretanto, nos últimos 20 anos, Williamson e Devine [2] observam que os esforços de pesquisa no contexto da transfusão sanguínea estavam focados na segurança médica do processo. Neste sentido, eles constatarem a necessidade do desenvolvimento de trabalhos na perspectiva da garantia da disponibilidade adequada de hemocomponentes à necessidade da população. Esta questão foi destacada na pesquisa de Perera et al. [3], quando os autores definem como responsabilidade dos bancos de sangue a garantia de que o sangue doado é utilizado de forma eficiente e eficaz, minimizando o desperdício e disponibilizando estoque suficiente para atender à demanda.

Williamson e Devine [2] estabelecem que, nas cadeias de suprimento de sangue, a transfusão se dá por meio de produtos produzidos a partir do sangue, definidos como hemocomponentes, e não por meio de bolsas de sangue coletadas diretamente dos doadores. Hemocomponentes são um dos produtos utilizados na hemoterapia (terapia clínica aplicada em pacientes para tratar doenças e condições usando sangue e/ou derivados). Os componentes sanguíneos são preparações obtidas pelo processamento, após centrifugação das bolsas de sangue total. Podem ser obtidos, também, mediante aférese. A doação por aférese, por sua vez, é a técnica de coleta que possibilita retirar apenas uma das células do sangue total (Razouk) [19].

Entre os produtos possíveis, resultantes de processos físicos a partir de sangue total, destacam-se nesse trabalho:

- Concentrado de Hemácias (CH), que é constituído por eritrócitos que permanecem na bolsa depois que esta é centrifugada;
- Concentrado de plaquetas (CP), que consiste de uma suspensão de plaquetas em plasma;e
- Plasma fresco congelado (PFC), que é composto primariamente de água, proteínas, carboidratos e lipídeos.

Além de demandas heterogêneas, cada hemocomponente detém características específicas que implica em tratamentos distintos para armazenagem. O PFC deve ser conservado em temperatura entre -20°C e -30°C por um período de até um ano, porém o CH deve ser armazenado em temperaturas entre 2°C e 6°C, em um refrigerador de sangue específico para esta finalidade (Duram) [20].

Ainda existe a classificação de hemocomponentes pelo sistema de grupos sanguíneos ABO, que analisa a aglutinação de eritrócitos humanos por soros de outros indivíduos, e classifica-os nos grupos A, B, AB e O. Além disso, são subclassificados nos termos “Rh positivo” e “Rh negativo” que especifica à presença ou ausência do antígeno D (Duram) [20].

Estes produtos apresentam datas de validade limitadas e variadas, dependendo do tipo de produto e da forma

de armazenagem. Assim, Chapman et al. [4] classificam estes produtos como perecíveis, constatando a necessidade de sistemas eficazes de gestão de estoque, de forma a reduzir o descarte dos produtos ao mesmo tempo que se maximiza a oferta de hemocomponentes.

Produtos perecíveis impõem desafios na gestão do inventário, como o *trade off* entre a disponibilidade dos produtos e o desperdício devido à data de validade, temperatura fora de controle, problemas nos equipamentos de refrigeração, dentre outros (Stanger et al.) [5]. Assim, Williamson e Devine [2] identificam como um problema a ser superado, a gestão eficiente dos estoques dos produtos sanguíneos de forma a garantir a disponibilidade de sangue para atender à crescente demanda.

A escassez e desperdício dos produtos derivados do sangue acontece quando a oferta não está coordenada com a demanda. Van Dijk et al. [6] identificam como um desafio para os hemocentros a gestão de inventário de plaquetas, dado que a demanda desse hemocomponente apresenta grande incerteza e, para garantir que não falte este tipo de produto, o nível de estoque tende a ser elevado. Entretanto, esta estratégia pode conduzir a um maior nível de desperdício associado à data de validade limitada desse produto. Assim, a gestão ineficiente pode levar à tomada de decisões-chave (por exemplo o tipo de sangue a ser coletado) de forma aleatória (Chapman) [7], estabelecendo campanhas de coletas mal planejadas, onde o tipo de sangue coletado não atende a demanda.

Assim, Chapman et al. [4] entendem que o monitoramento do inventário dos produtos feitos a partir do sangue ajuda a melhorar o entendimento da cadeia de suprimentos do sangue e, conseqüentemente, pode melhorar o balanceamento entre a oferta e a demanda. Chapman [7] propõe os seguintes elos como elementos desta cadeia: doadores de sangue; bancos de sangue; hospitais e; pacientes. Williamson e Devine [2] entendem que esta cadeia deve ser concebida de forma a assegurar que os produtos do sangue apresentem qualidade e estejam disponíveis no momento em que são necessários. Assim, coordenar esta cadeia é um processo fundamental para garantir uma gestão eficiente do inventário dos produtos do sangue.

Williamson e Devine [2] identificam ainda que as técnicas de gestão, como o *just-in-time* (JIT), vêm sendo aplicadas em sistemas de gestão da saúde. A implantação de técnicas JIT para cadeias de suprimento de sangue, porém, pode não ser implantada tal como em empresas industriais devido ao elevado risco de escassez de um produto que pode levar à morte pacientes. Lowalekar e Ravichandran [8] propuseram o uso da Teoria das Restrições no contexto de gestão de inventário de bancos de sangue. Destaca-se, entretanto, que as ferramentas de gestão devem ser adequadas à realidade dos sistemas de saúde. O uso de análises estatísticas de previsão pode ser útil para projetar a demanda e suas flutuações e subsidiar o processo decisório associado ao processo de coleta de sangue, conforme modelo proposto por Ferreira et al. [9] e Silva Filho et al. [10].

Williamson e Devine [2] defendem a necessidade de abordagens integradas pelo uso de sistemas gestão de inventário para gerir os estoques dos produtos do sangue de forma a minimizar o desperdício. Corroborando com esta ideia, Ferreira et al. [9] defendem que as tecnologias da informação podem ser utilizadas para o estabelecimento da necessidade de coleta e níveis ideais de inventário por meio de modelos estatísticos.

Os doadores voluntários são a fonte de matéria prima para esta cadeia de suprimentos e a fidelização deste elo da cadeia é um elemento vital para garantir um bom funcionamento do sistema (Chapman et al.) [7]. Assim, gerir os doadores de forma otimizada ajuda a evitar o desperdício do sangue doado, sendo este um ponto sensível da cadeia, impactando diretamente a qualidade do serviço prestado pelos bancos de sangue. Williamson e Devine [2] entendem que as tecnologias da informação podem ser úteis nesse processo.

Outro fator chave nessa cadeia de suprimentos identificado pelos mesmos autores é a definição dos níveis adequados de estoque, de forma a balancear a oferta e demanda, evitando a escassez e mitigando o desperdício do material coletado associado às campanhas de coleta mal direcionadas. Chapman [7] entende o processo de gestão de inventário de bancos de sangue como complexo devido à dificuldade de coordenação entre a oferta e demanda.

Stanger et al. [5] identificaram os principais elementos que contribuem para uma boa performance na gestão de inventário de sangue em hospitais do Reino Unido:

- Recursos humanos e treinamento – educar os funcionários de forma melhorar o grau de consciência acerca da importância de uma boa gestão do inventário como um elemento-chave para uma boa performance do sistema;
- Definição dos níveis de estoque ideais e tamanho de pedidos – estabelecer modelos simples para definição das metas de coleta, que possam ser ajustados continuamente;
- Colaboração entre os departamentos – promover a colaboração entre os elos da cadeia de forma a reduzir solicitações desnecessárias, melhorando a disponibilidade para o uso e alocação dos produtos derivados do sangue disponíveis;
- Transparência do inventário (transparência e visibilidade nos níveis de estoque) – evidenciar e dar publicidade acerca dos níveis de inventário, dado que se trata de um elemento chave para conscientizar a tomada de decisão dos elos da cadeia acerca das quantidades a serem solicitadas;
- Procedimentos simples de inventário – reduzir a complexidade e a carga de trabalho para os colaboradores dos hemocentros associada ao sistema, garantindo o suprimento ideal de produtos e promovendo flexibilidade suficiente para que o banco de sangue possa reagir às mudanças bruscas na

demanda.

Assim, Stanger et al. [5] concluem que uma boa performance na gestão do inventário em bancos de sangue está associada ao uso de procedimentos simples, transparentes e de fácil entendimento pelos funcionários. Neste contexto, Ferreira et al. [9] identificaram que a literatura acerca das boas práticas de gestão de inventário de bancos de sangue é limitada, concluindo pela necessidade de mais pesquisas sobre essa temática, de forma a garantir uma boa disponibilidade dos produtos do sangue com o mínimo de desperdício.

Compreende-se as seguintes pesquisas correlatas que propuseram novas tecnologias aplicadas a doação de sangue, gestão dos hemocomponentes, difusão das campanhas de doação e fidelização de doadores.

Silva et al. [15] propõem um aplicativo com elementos de redes sociais, assim como compartilhamento e criação de comentários em publicações, que aproxime os doadores. Os doadores podem criar publicações com suas ações benevolentes e agendar doações nos pontos de coleta da sua região, fomentando a interação entre eles por meio do aplicativo incentiva a fidelização dos doadores.

Golle [16] apresenta o sistema denominado “EU Doador”, uma ferramenta que une informações entre hemocentros e doadores de sangue. A ferramenta propõe fazer uso da ubiquidade da internet, ou seja, estar concomitantemente em todos os lugares, rompendo as barreiras geográficas para unificar a necessidade dos hemocentros e a benevolência dos doadores. Gurgel e Carmo [17] apresentam um estudo aplicando o modelo de gestão de estoques para dimensionar a demanda pelos hemocomponentes. O modelo equaliza o tempo entre a coleta até a disponibilidade dos subprodutos do sangue coletado, dimensionando a demanda, assegurando que os produtos estão disponíveis sem super dimensionar a quantidade de hemocomponentes estocados. Rodrigues et al. [18] apresentam um sistema composto por uma aplicação web e um aplicativo para dispositivo móvel, denominado #PartiuDoarSangue. O sistema foi idealizado após a realização de entrevistas com profissionais de bancos de sangue e obteve êxito ao conectar doadores àqueles que precisam de doação de sangue unindo informações.

Observa-se que estes abordam domínios, interações e funções com o objetivo de unir informações entre os doadores em potencial e pontos de coleta. Salvo o trabalho de Gurgel e Carmo [17], os outros acima citados não exploram as informações da demanda para entender o comportamento da necessidade, tão pouco levam em consideração o fato de que cada bolsa de sangue deriva um conjunto de subprodutos, que são classificados de acordo com o grupo e o fator do sangue do doador e que dispõe de demandas próprias.

Ainda constata-se a existência de alguns modelos/soluções para gestão de estoques em bancos de sangue que atendem em parte as premissas propostas por Stanger et al. [5], como os modelos/software desenvolvidos por Ferreira et al. [9] e Van Dijk et al. [6]. Van Dijk et al. [6] propuseram um modelo de gestão de inventário e o validaram para o caso holandês. Entretanto, os autores não consideraram os demais hemocomponentes. No caso de Ferreira et al. [9], os autores se basearam no modelo proposto por Van Dijk et al. [6], incluindo um modelo de previsão de demanda capaz de projetar a demanda futura por hemocomponentes. Entretanto, considerando as premissas propostas por Stanger et al. [5], constata-se que ambos os modelos apresentam procedimentos complexos para o controle de inventário e com pouca flexibilidade para definição dos níveis de estoque. Outro aspecto observado, é que o trabalho de Van Dijk et al. [6] não apresenta distinção em função do sistema ABO/Rh. Por sua vez, Ferreira et al. [9] consideraram os diferentes tipos sanguíneos. Entretanto, o sistema desenvolvido não apresentava uma interface com o banco de dados utilizado pelo banco de sangue objeto do estudo, aumentando a carga de trabalho dos funcionários, dado que os dados devem ser incluídos no sistema para que o modelo possa gerar os resultados.

Existem ainda algumas pesquisas visam uma gestão otimizada do inventário de plaquetas, dado que se trata do hemocomponente com data de validade mais restrita. Este o caso das pesquisas realizadas por Kort et al. [11], Gomez et al. [12] e Cheraghi et al. [13]. Na pesquisa de Kort et al. [11], os autores propuseram um modelo implementado em software capaz de projetar a demanda futura por plaquetas com grande acurácia, considerando a simulação por eles realizada com os dados de demanda de 2007 para um estudo de caso em um banco de sangue. Gomez et al. [12], por sua vez, consideram o mesmo tipo de problema e propuseram um modelo para definição dos níveis de inventário com o objetivo de reduzir o desperdício. Finalmente, Chegaghi et al. [13] desenvolveram um modelo para planejar a produção de plaquetas considerando todos os elos da cadeia produtiva.

Entretanto, as duas primeiras pesquisas citadas não apresentam uma integração dos resultados obtidos com um modelo para gestão dos doadores. Nessa mesma perspectiva, Williamson e Devine [2] constataram a necessidade do desenvolvimento de um sistema capaz de fazer gestão de doadores (elemento chave para um bom funcionamento do sistema), de forma a melhorar o desempenho da cadeia de suprimento dos hemocomponentes. Logo, constata-se a falta de um sistema/método capaz de coordenar de forma eficiente as doações de sangue e a distribuição dos hemocomponentes. Finalmente, Lowalekar e Ravichandran [8] constataram em sua pesquisa que os modelos de otimização são difíceis de serem implementados dado a grande variedade de produtos, a quantidade de doadores e a demanda apresentam um comportamento estocástico e é difícil quantificar os custos da escassez e desperdício (parâmetros incorporados aos modelos), dificultando a aplicabilidade prática dos modelos propostos.

Nessa mesma direção, Stanger et al. [5] concluem pela necessidade do desenvolvimento de sistemas de controle de inventário para bancos de sangue que sejam capazes de serem facilmente compreendidos pelos profissionais que atuam em bancos de sangue, definam as quantidades de bolsas a serem coletadas e os níveis de estoques ideais de forma simples e com flexibilidade, fornecendo a informação de forma simples e transparente, ao mesmo tempo que garante que o consumo dos produtos sigam uma lógica FIFO (*First-in-first-out*) para minimizar o desperdício associado à data de validade.

Da mesma forma, o sistema deve fornecer meios para que os doadores altruístas sejam reconhecidos e valorizados. De acordo com Valentine [14], a doação de sangue é entendida como uma prática cívica aberta a todos, ou seja, existe a necessidade contínua que os doadores altruístas sejam valorizados. Por outro lado, também é importante que aqueles que não podem doar não sejam punidos por esse processo de valorização.

Assim, o presente artigo tem por objetivo desenvolver um método implementado em software que, considerando as premissas propostas por Stanger et al. [5] e Valentine[14], garanta os níveis mínimos de estoque capazes de atender à demanda ao mesmo tempo que minimiza o desperdício associado à data de validade dos produtos, ao passo que fornece os recursos para existir um vínculo valorização e colaboração contínua com o doador.

2. MÉTODO

O desenvolvimento do Doar seguiu uma abordagem flexível e centrada no usuário, seguindo as etapas propostas na Figura 1.

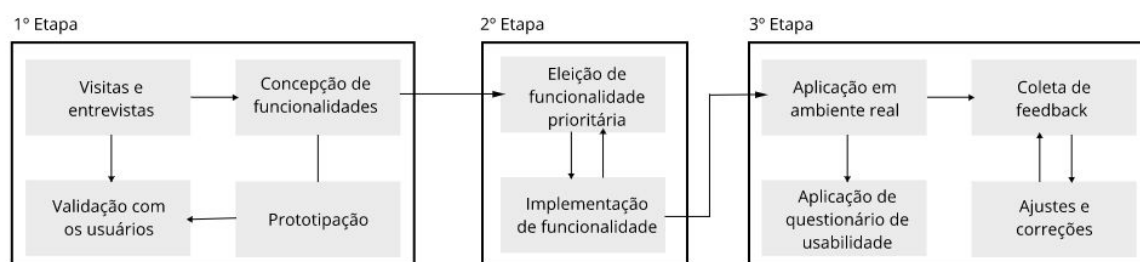


Figura 1. Metodologia de desenvolvimento. (Autoria própria)

A primeira etapa do processo de concepção do Doar consistiu de processos iterativos, por meio de visitas ao hemocentro. As entrevistas com os funcionários permitiram a concepção de funcionalidades, que foram refinadas através da elaboração de protótipos em papel e, em seguida protótipos de alta fidelidade em ferramentas que permitiram a interação e validação com os usuários. Sucessivamente, esses processos foram repetidos até que as funcionalidades estivessem de acordo com a realidade e necessidade do hemocentro.

Na segunda etapa iniciou-se o processo de implementação das funcionalidades anteriormente concebidas. Funcionalidades eram eleitas de acordo com a prioridade a ela estabelecida pelos usuários, finalizado um período de tempo, que variava com a complexidade das eleitas, era estabelecido e ao fim desse período ocorria a eleição de um novo conjunto de funcionalidades.

Ao concluir a implementação das funcionalidades, na terceira etapa, iniciou-se o processo de teste em ambiente real. O Doar foi implantado no hemocentro e os funcionários incentivados a usar e reportar erros e ajustes necessários. Ciclicamente o *feedback* era recolhido e analisado, sendo os erros reportados e ajustes realizados. Ainda na terceira etapa, o sistema foi submetido a uma análise de usabilidade por meio da aplicação de um questionário.

3. SISTEMA DOAR

O Doar foi concebido para comunicar-se e cooperar com o Sistema de Gerenciamento em Serviços de Hemoterapia (Hemovida), sistema utilizado no hemocentro, que foi desenvolvido pela Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) especificamente para bancos de sangue. O sistema tem como objetivo informatizar todo o ciclo de doação de sangue, desde a captação até a distribuição do material, controlando cada etapa do processo.

O Hemovida [22] possui uma estrutura de servidor, desenvolvido na linguagem Delphi, banco de dados SQL Server e para plataformas Windows 98 ou superior. Entre as funcionalidade destacam-se:

- Possibilita o cadastramento de doador, dados sobre histórico de doenças, transfusões de sangue, pré-triagem, coleta, fracionamento, imunohematologia, sorologia e distribuição;
- Informa sobre coleta e processamento do sangue, distribuição, transfusão e descarte de

hemocomponentes;

- Identificada por código de barras as bolsas coletadas, processadas e distribuídas;
- Supervisiona a infusão de hemoderivados;

O Hemovida é alimentado com os dados de doadores e do processamento do sangue pelos clientes, o Doar, regularmente, busca essas informações e processa por meio dos modelos de gestão de estoques para o estabelecimento de metas de coleta, doadores aptos, estoque dos hemocomponentes e estados do processamento do sangue.

Verificadas as limitações do Hemovida com relação a sua interface que dificulta a navegação e o acesso à informação, como também a escassez de informações fundamentadas nos dados de doações e doadores, o Doar foi idealizado para gerir o inventário de hemocomponentes, estabelecer metas de coletas para aumentar a disponibilidade e diminuir descartes dos insumos do sangue, para então direcionar coletas inteligentes. Por último, busca-se estimular uma cultura de solidariedade e doações regulares.

O sistema é composto por dois módulos:

- Gestão de inventário: busca estabelecer níveis de estoque ótimos para cada hemocomponente e estabelecer uma meta de coleta para cada tipo de sangue;
- Gestão de doadores: visa promover o contato entre o Hemocentro e os doadores, considerando o tipo de sangue e as restrições a ele estabelecido mediante pré triagem.

3.1 GESTÃO DE INVENTÁRIO

O módulo de gestão de inventário designa quais hemocomponentes devem ser produzidos com base na meta de bolsas a serem coletadas para cada grupo sanguíneo. A meta de bolsas, por sua vez, é calculada a partir do valor ideal de cada hemocomponente e o valor em estoque consultado no Hemovida. A Figura 2 ilustra o fluxo do módulo de gestão de inventário.

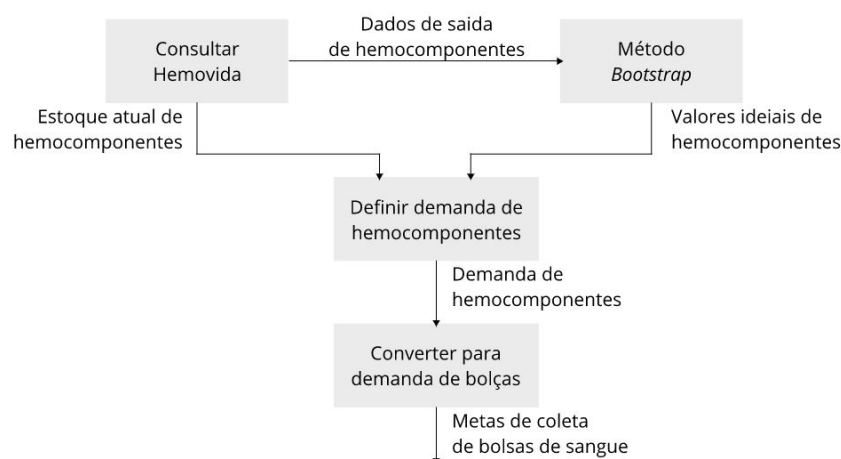


Figura 2. Gestão de Inventário. (Autoria própria)

Os valores ideais para cada hemocomponente de cada grupo sanguíneo são estabelecidos semanalmente de acordo com os resultados do método *bootstrap* tendo como entrada valores históricos de um ano de demanda. O Doar restabelece a demanda de bolsas de acordo com os valores atuais do estoque providos pelo Hemovida.

O Sistema Doar define níveis de confiabilidade de 90%, 95% e 99% a ser configurado pela gestão do hemocentro de acordo o melhor ajuste com as reais demandas. Para a experimentação proposta a seguir, coletaram-se dados de saídas de plaquetas do tipo O positivo e O negativo da semana 27 de 2016 à semana 30 de 2017, para a execução do algoritmo *bootstrap*, foram consideradas 2000 amostras *bootstrap* e um nível de confiança de 90%.

Constata-se a comparação entre os valores estimados pelo *bootstrap* e saída registrada de plaquetas O positivo, gráfico 1, e plaquetas O negativo, gráfico 2. Os valores estimados abatem as demandas na maioria das semanas, como pode ser observado nas semanas 27 e 28 do ano de 2017. O método, porém, não amortece os momentos de demandas emergentes, como por exemplo períodos festivos do ano a decisão da gestão de hospitais de optar por realizar sucessivas cirurgias.

Para situações em que é de conhecimento da gestão do Hemocentro que haverá um aumento da demanda, o Doar contempla a opção de mudar o método que realiza o cálculo da meta semanal por um método de gestão de estoques, que adicionar as metas estabelecidas um estoque de segurança maior.



Gráfico 1. Estimativa *bootstrap* e saída de CP O positivo. (Autoria própria).

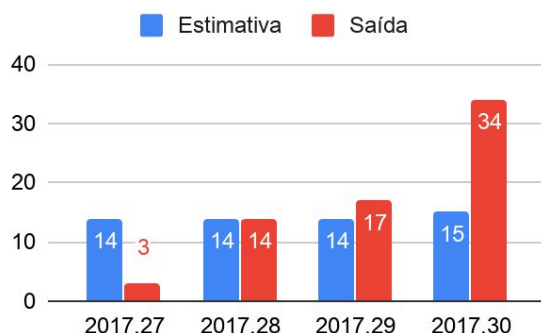


Gráfico 2. Estimativa *bootstrap* e saída de CP O negativo. (Autoria própria).

3.2 GESTÃO DE DOADORES

Visando promover o contato entre o Hemocentro e os doadores, o módulo de gestão de doadores, considera o tempo entre doações, sexo e restrições estabelecidas no processo de pré-triagem. O módulo disponibiliza os contatos, disponíveis no cadastro do doador no Hemovida, para que o Hemocentro estabeleça uma comunicação e solicite que faça a doação.

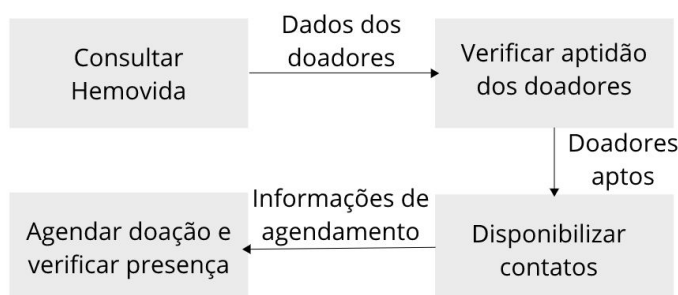


Figura 3. Gestão de doadores. (Autoria própria).

A Figura 3 ilustra as etapas que o módulo passa para disponibilizar as informações de doadores aptos, essas informações possibilitam que o Hemocentro agende um horário para doação, considerando a disponibilidade dos leitos e turnos. O sistema ainda contempla as especificidades de alguns hemocomponentes que, para terem um melhor aproveitamento, precisam ser coletados em turnos apropriados. O agendamento confere aos gestores a possibilidade de organizar as doações para suprir as demandas.

3.3 FUNCIONAMENTO DO DOAR

Os módulos de gestão de inventário e gestão de doadores cooperam com o objetivo de nivelar a disponibilidade de doadores e a demanda pelos subprodutos do sangue, de forma a garantir que o Hemocentro atenda a demanda dos hemocomponentes e mantenha o volume de estoque adequado para cada hemocomponente, evitando o descarte. A Figura 4 ilustra o funcionamento do Doar em conjunto com o Hemovida e as rotinas administrativas do Hemocentro.

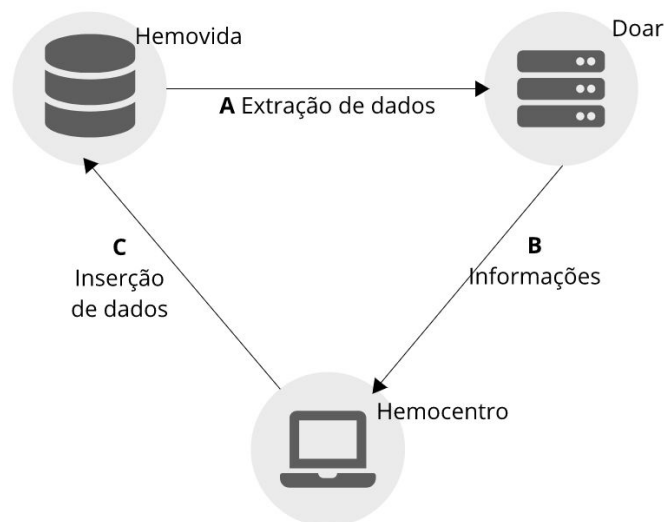


Figura 4. Funcionamento do Doar. (Autoria própria).

O processo de interação entre o Doar, o Hemovida e o Hemocentro funciona da seguinte forma:

- A. O Doar extrai os dados necessários do Hemovida:
 - a. Uma vez a cada sete dias, dados de demanda de hemocomponente, de um ano retroativo. Esses dados são agrupados em 52 somatórios (o número de semanas de um ano) no períodos de sete dias;
 - b. Quando necessário, o estoque e a validade dos hemocomponentes; e
 - c. Quando necessário, dados de doações e dos doadores associados a elas.
- B. O Doar analisa os dados extraídos da seguinte forma:
 - a. Os 52 somatórios são a entrada para o método *bootstrap*, a saída é usada para determinar os níveis adequados para cada hemocomponente;
 - b. O estoque de hemocomponentes é usado para comparar com o nível adequado estabelecido e determinar a quantidade de cada derivado de sangue a ser produzido e inferir a meta de bolsas coletadas; e
 - c. Os dados dos doadores são usados para listar os doadores aptos depois que o Doar analisou as respectivas restrições e remover os inaptos.
- C. Os gestores do Hemocentro, em posse dos dados analisados, podem verificar as reais necessidades de bolsas de sangue com base na projeção do sistema e direcionar as campanhas. O sistema possibilita, entre outras funcionalidades:
 - a. Acompanhar a etapa de processamento das bolsas coletadas;
 - b. Verificar quais os componentes em estoque e quais os valores ideais;
 - c. A meta de coleta de bolsas de sangue por grupo e fator sanguíneo, como também o quanto ainda falta para completar a meta da semana; e
 - d. Verificar os dados de contato dos dos doadores aptos e agendá-los de acordo com a melhor data e turno para o hemocentro.

4. RESULTADOS

A princípio, quando as primeiras funcionalidades foram estabelecidas, mediante análise dos trabalhos que antecederam o Doar, concebeu-se protótipos e *wireframes* com a intenção de alcançar uma interface amigável e de fácil compreensão. Posteriormente, os protótipos foram usados para refinar os requisitos elencados e levantar novos, em um processo iterativo incremental, ao passo que as interfaces eram lapidadas, visando fazer uso de elementos do cotidiano para uma rápida aceitação e boa experiência de usabilidade.

O sistema Doar possui uma arquitetura cliente servidor. O servidor foi desenvolvido na plataforma Nodejs utilizando a linguagem Javascript, e o cliente é uma *Single-page application*, ou seja, consiste de uma única

página com o objetivo de fornecer uma experiência do usuário similar à de um aplicativo desktop. O cliente requisita as rotinas da API que abstrai os detalhes de implementação e responde com JSON, a aplicação cliente trata a resposta e exibe-as.

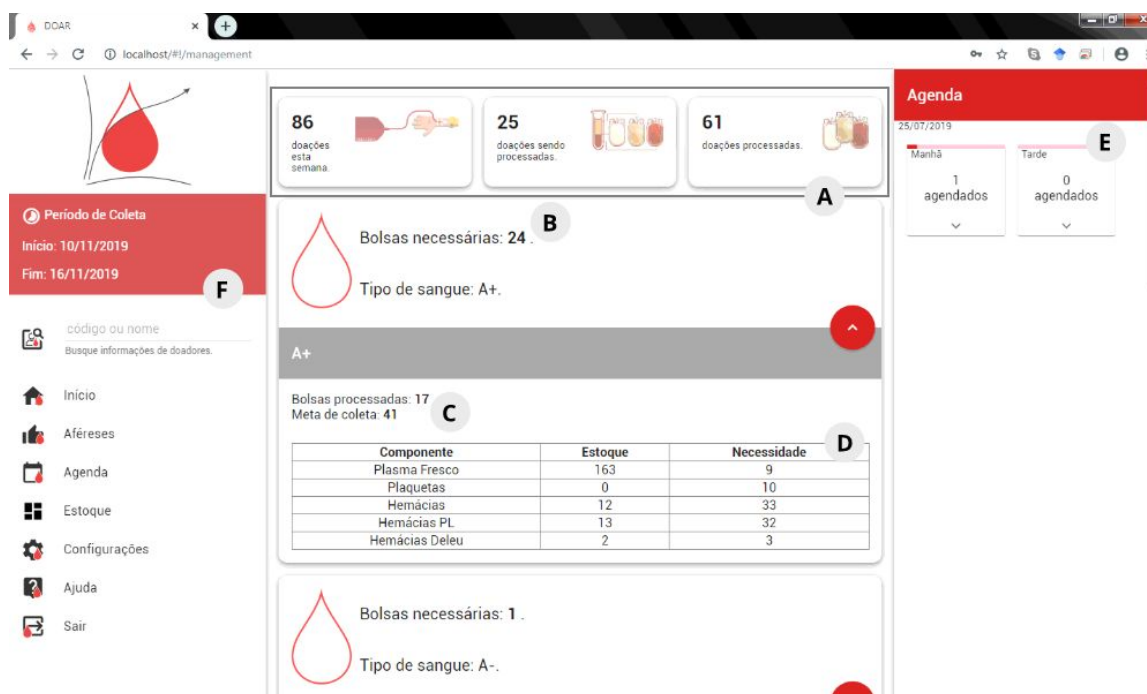


Figura 5. Tela principal do Doar. (Autoria própria).

A imagem 5 ilustra um *screenshot* da tela principal do Doar, entre os elementos que compõe a interface destacam-se:

- A etapa das doações no período de coleta, que são elas: doações na semana, o somatório das doações no período de coleta; doações sendo processadas, são as doações que estão passando pelos processos para extrair os subprodutos do sangue total; e doações processadas, que consiste nas doações que já estão prontas para a distribuição.
- Esse elemento consiste na informação de quantas bolsas, desse grupo sanguíneo, ainda precisam serem coletadas na semana;
- Essas são as informações da meta de coleta estabelecido pelo Doar e quantas já foram processadas;
- A tabela ilustra os hemocomponentes e seus respectivos dados de estoque atual, no hemocentro, e a estimativa de necessidade para o período. Esses dados são usados para estabelecer a meta de bolsas. Além disso, o hemocomponente com maior necessidade definirá o nível da gota, esse elemento lúdico, ilustrado na Figura 6, foi acrescentado para trazer a informação rápida e maior familiaridade com o sistema por representar um elemento comum no cotidiano do hemocentro;



Figura 6. Gotas que representam o estado do hemocomponentes em estoque. (Autoria própria).

- Esse elemento exibe um resumo da agenda de doadores, por dia e por turno;
- O elemento revela o período de coleta vigente, seu início e fim.

A Figura 7 ilustra a interface de agenda de doadores do sistema, os principais elementos presentes são:

- Lista de doadores agendados, a data e hora, de cada doação. Para concluir um agendamento, o sistema irá solicitar algumas informações adicionais e não permitirá mais que três doações por hora. Ainda a informação se a doação será por aféreses e, caso a data agendada passe e doador não compareça, o Doar marca na agenda como ausente.
- Esse elemento da interface consiste nas listas de doadores aptos. O Doar exibe as listas separadamente por grupo e fator sanguíneo, esses doadores foram elencados de acordo com critérios de exclusão

presentes no hemovida. Os doadores sofrem restrições, por um período de tempo ou definitivamente, de acordo com regras do Ministério da Saúde. O sistema verifica as restrições e aprova o doar, ou não, para a lista de aptos.

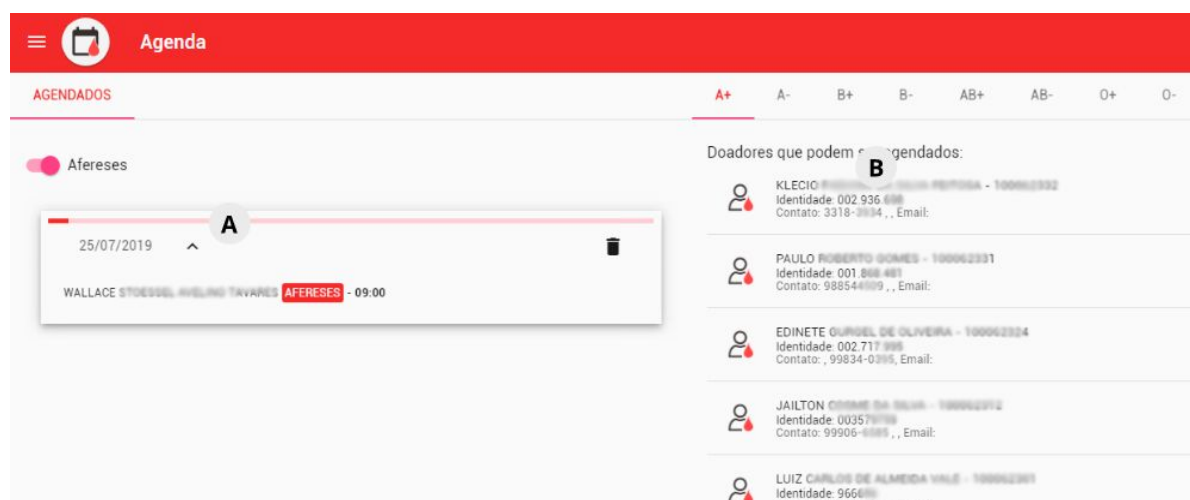


Figura 7. Agenda de doadores. (Autoria própria).

No final, aplicou-se um questionário com afirmações na intenção de extrair a opinião dos usuários, com relação a experiência de usabilidade, o usuário deveria marcar umas das seguintes opções: *a.* concordo completamente; *b.* concordo em partes; *c.* não sei opinar; *d.* discordo em partes; e *e.* discordo completamente. Os entrevistados eram funcionários do hemocentro de diversos setores, como por assistentes sociais e enfermeiras responsáveis pela pré-triagem dos doadores. Todos que responderam eram funcionários que participavam diretamente do processo de captar e eleger o doador, coletar o sangue total, produzir os hemoderivados e atender as demandas.

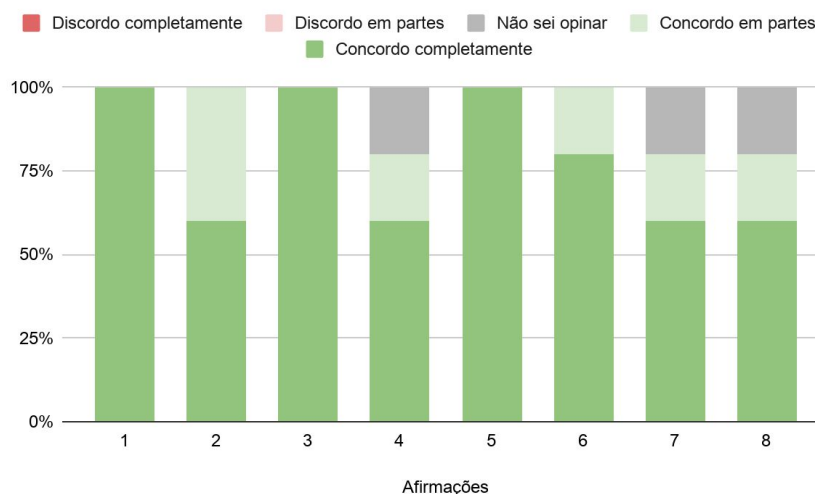


Gráfico 3. Análise do questionário de usabilidade. (Autoria própria).

O gráfico 3 demonstra a análise das respostas para as seguintes afirmações propostas:

1. O Doar possui termos e metáforas comuns ao cotidiano do hemocentro, como por exemplo imagens representativas e palavras que são comumente no ambiente do hemocentro.
2. O Doar possui alternativas para que tarefas realizadas erroneamente possam ser refeitas ou editadas, como cadastros que podem ser refeitos ou editados.
3. O Doar possui um padrão de usabilidade, ou seja os termos e palavras usadas são os mesmo em todo o sistema e as ações, de cadastro ou pesquisa por exemplo, é feita da mesma forma em todo o sistema.
4. O Doar possui mecanismos para evitar que o usuário cometa erros, como por exemplo excluir algo sem querer ou cadastrar algo que já está cadastrado.

5. O Doar disponibiliza todas as suas funções e informações de forma fácil de ser reconhecidas sem a necessidade de memorizar o local.
6. O Doar fornece facilitadores para navegar pelo sistema e encontrar os recursos de forma simples.
7. O Doar tem um diálogo eficiente, ou seja, as informações transmitidas são relevantes e não são redundantes, as informações relevantes estão claras.
8. O Doar possui uma ajuda de usuário fácil de ser encontrada que auxilia a atingir os objetivos.

Considera-se que o sistema oferece uma boa experiência de uso dado que, para todas as afirmações, mais de 50% responderam positivamente. Nas afirmações 4, 7 e 8, cerca de 25% não souberam opinar e nenhuma resposta que discordava com a afirmação foi recebida. A segunda afirmação, que aborda a percepção do usuário em entender como ações e cadastros podem ser refeitas sucedeu-se com o maior número de respostas *b* (concordo em parte). Este resultado evidencia a necessidade de ressaltar os campos e funções que possibilitam a edição dos conteúdos salvos e de desfazer as ações realizadas sobre o sistema.

Alguns dos participantes optaram pela alternativa *c*. não sei opinar, essas condutas decorram devido o participante não obter clareza no que foi abordado na afirmativa, ou não houve contato dele com a parte do Doar que realizava a função, não obstante, uma avaliação mais dinâmica faz-se necessário, que além da dificuldade o entrevistado pode-se apontar onde houve o obstáculo.

7. CONCLUSÕES

Conforme objetivo descrito neste artigo, desenvolveu-se um *software*, denominado Doar, com métodos que garantem os níveis mínimos de estoque capazes de atender à demanda ao mesmo tempo minimiza o desperdício associado à data de validade dos produtos. Este sistema busca auxiliar hemocentros a otimizar suas coletas de sangue, direcionando-os por meio de metas semanais de coletas, ao mesmo tempo que disponibiliza informações dos doadores aptos, para então facilitar o contato entre o Hemocentro e os doadores incentivando hábitos de doações regulares.

O sistema foi desenvolvido a partir de processos de prototipagem e validações buscando certificar os requisitos e garantir uma boa experiência de uso, com elementos familiares, interface simples e fluidez. A partir das informações dos questionários de usabilidade, observa-se a eficácia quanto a experiência de usabilidade. Além disso, o Doar foi submetido a testes de integração para capturar e corrigir falhas de transmissão de dados, e ciclos de testes de aceitação onde erros de códigos, inconsistências com as informações reais e satisfação com funcionalidades desenvolvidas, foram reportados e corrigidos ou ajustados.

Para trabalhos futuros, novas ideias surgiram a partir da observação e análise dos processos no Hemocentro. A exemplo, cita-se a automatização do contato entre o Hemocentro e os doadores, para que o sistema tenha autonomia de, a partir da necessidade, contactar os doadores e agendá-los sem intervenção inicial do Hemocentro; a implantação em outros Hemocentros; estabelecer um processo de comunicação entre os pontos de estocagem de hemocomponentes para que seja conhecido a necessidade de toda a rede e possa haver a troca de insumos quando necessário; e estender o *software* para que os locais que fazem a solicitação dos produtos do sangue possam também acessar o Doar e cadastrar a demanda.

Como contribuição para as áreas de Computação e Saúde Pública, dispõe-se de um sistema distribuído implementado com linguagem e tecnologias modernas, com funcionalidades que, por muitas vezes, fazem o uso de métodos estatísticos, a aplicação de conhecimentos de engenharia de Engenharia de *Software* e técnicas de de Interação Homem-Máquina. Assim como o estudo dos processos organizacionais dos Hemocentros, tornando o sistema aplicável em toda a Hemorrede e contribuindo para campanhas de coletas mais inteligentes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BERNSTEIN, Robert et al. A new test strip technology platform for self-monitoring of blood glucose. **Journal of diabetes science and technology**, v. 7, n. 5, p. 1386-1399, 2013.
- [2] WILLIAMSON, Lorna M.; DEVINE, Dana V. Challenges in the management of the blood supply. *the Lancet*, v. 381, n. 9880, p. 1866-1875, 2013.
- [3] PERERA, G. et al. Hospital blood inventory practice: the factors affecting stock level and wastage. *Transfusion medicine*, v. 19, n. 2, p. 99-104, 2009.
- [4] CHAPMAN, J. F.; HYAM, C.; HICK, R. Blood inventory management. *Vox sanguinis*, v. 87, p. 143-145, 2004.
- [5] STANGER, Sebastian HW et al. What drives perishable inventory management performance? Lessons learnt from the UK blood supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 2, p. 107-123, 2012.
- [6] VAN DIJK, Nico et al. Blood platelet production: a novel approach for practical optimization. **Transfusion**,

v. 49, n. 3, p. 411-420, 2009.

[7] CHAPMAN, Judith. Unlocking the essentials of effective blood inventory management. **Transfusion**, v. 47, p. 190S-196S, 2007.

[8] LOWALEKAR, Harshal; RAVICHANDRAN, N. Blood bank inventory management in India. **Opsearch**, v. 51, n. 3, p. 376-399, 2014.

[9] FERREIRA, Vanessa Elionara de Souza; CARMO, Breno Barros Telles do; OLIVEIRA, Amanda Gondim de. Proposta de um sistema de informação para a gestão de inventário e o direcionamento das campanhas de coleta de sangue. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 2, 2019.

[10] SILVA FILHO, Oscar S. et al. Demand forecasting for blood components distribution of a blood supply chain. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 24, p. 565-571, 2013.

[11] DE KORT, Wim et al. Platelet pool inventory management: theory meets practice. **Transfusion**, v. 51, n. 11, p. 2295-2303, 2011.

[12] GOMEZ, Alwyn Titus et al. Implementation of a novel real-time platelet inventory management system at a multi-site transfusion service. **Transfusion**, v. 55, n. 9, p. 2070-2075, 2015.

[13] CHERAGHI, Sara; HOSSEINI-MOTLAGH, Seyyed-Mahdi; GHATREH SAMANI, Mohammadreza. Integrated planning for blood platelet production: a robust optimization approach. **Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 10, n. special issue on healthcare, p. 55-80, 2017.

[14] VALENTINE, Kylie. Citizenship, identity, blood donation. **Body & Society**, v. 11, n. 2, p. 113-128, 2005.

[15] SILVA, Lúcio FJ et al. Aplicativo de Gerenciamento de Doações Sanguíneas.

[16] GOLLE, Alex Osvaldo Fischer. Eu doador: ferramenta web para interação de hemocentros e doadores de sangue. 2015.

[17] GURGEL, Julia Lorena Marques; DO CARMO, Breno Barros Telles. Dimensionamento do estoque de derivados de sangue em um hemocentro do Brasil baseado em um modelo de gestão de estoques e previsão de demanda. **Revista Produção Online**, v. 14, n. 1, p. 264-293, 2014.

[18] RODRIGUES, Thiago Abreu; SILVA JR, Orlando; PEREIRA, Adriano CM. PartiuDoarSangue-Uma Plataforma Web e Aplicativo Mobile para Captação e Gestão Inteligente de Doação de Sangue e Hemocomponentes. In: **Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web**. SBC, 2017. p. 154-158.

[19] RAZOUK, Fernanda H.; REICHE, Edna MV. Caracterização, produção e indicação clínica dos principais hemocomponentes. **Rev Bras Hematol Hemoter**, v. 26, n. 2, p. 126-34, 2004.

[20] DURAN, José António et al. Distribuição dos grupos sanguíneos na população portuguesa. **ABO**, v. 29, n. Jan/Mar, 2007.

[21] EFRON, Bradley. Bootstrap methods: another look at the jackknife. In: **Breakthroughs in statistics**. Springer, New York, NY, 1992. p. 569-593.

[22] HEMOVIDA: Sistema de Gerenciamento em Serviços de Hemoterapia. Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/hospitales/hemovida>>. Acesso em 22 novembro 2019.



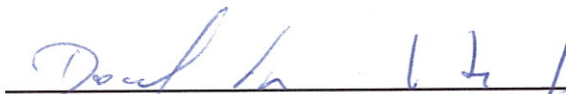
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN
Departamento de Computação - DC

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 16:00 (dezesseis) horas do dia sete de agosto de dois mil e dezenove, no auditório do CCEN – Centro de Ciências Exatas e Naturais da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **ITAGORES LEANDRO BEZERRA DE LIRA**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência da Computação desta universidade, N° de matrícula **2015020750**, com o título **“DOAR: SISTEMA WEB PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA DE SANGUE”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída: Prof. Dr. Daniel Faustino Lacerda de Souza, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. Dr. Breno Barros Telles do Carmo e Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: 10,2; 5,75; 9,5. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral 8,75, fazendo jus, portanto, ao título de Bacharel em Ciência da Computação. E para constar, eu, Daniel Faustino Lacerda de Souza, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 06 de Fevereiro de 2020.

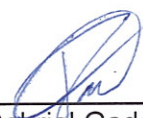
Assinatura dos membros da Banca Examinadora.



Prof. Dr. Daniel Faustino Lacerda de Souza – UFERSA
Presidente e orientador



Prof. Dr. Breno Barros Telles do Carmo – UFERSA
Primeiro Membro



Prof. Dr Paulo Gabriel Gadelha Queiroz - UFERSA
Segundo Membro