

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PMR3550- Trabalho de Conclusão de Curso (2020)

**Rastreamento de Sustentabilidade utilizando conceitos de
Indústria 4.0**

Gabriel Yida Borges 8989432

Orientador: Prof. Fabrício Junqueira

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
1.1 - Sustentabilidade	3
1.2 - Indústria 4.0.....	3
1.3 Objetivos Gerais.....	4
1.4. Motivação.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Sustentabilidade	5
2.2 Internet das Coisas.....	6
2.2.1 Blocos.....	7
2.2.2 Tecnologias	9
2.2.3 SOA para IoT	12
3. DEFINIÇÃO DE PROJETO	17
3.1 Requisitos	17
3.2 Metodologia	17
3.2.1 Camadas	18
3.2.2 UML	18
4. IMPLEMENTAÇÃO	35
4.1 Bancos de Dados	35
4.2 Interface	38
5. RESULTADOS E ANÁLISE	44
5.1 Simulação	44
5.2 Análise	49
6. CONCLUSÃO	51
6.1 Futuras Melhorias	52
Referências Bibliográficas	53

1. INTRODUÇÃO

1.1 - Sustentabilidade

Desenvolvimento sustentável prega atender as necessidades da sociedade presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras atenderem suas necessidades (Investopedia, 2020). Para isso, é necessário criar uma relação de equilíbrio entre as atividades humanas e a natureza. Esta ideia não é nova. Várias culturas ao longo da história reconheceram a importância desta harmonia. Entretanto, com grande parte dos danos ambientais causados pelo ser humano ocorrendo nas últimas décadas, desenvolvimento sustentável torna-se um tema cada vez mais recorrente.

Já há grande conscientização da população e inúmeros regulamentos e leis definindo os impactos ambientais admissíveis. Isto é explicitado por vários autores, como Joung *et al.* (2012). Empresas investem pesadamente em medidas para tornar seu negócio sustentável, seja por preocupação de fato com o meio ambiente, ou simplesmente para agradar seus consumidores e a lei, estes cada vez mais exigentes nesse pontos. A questão é: atualmente, ser sustentável é uma qualidade imprescindível para o funcionamento de grande parte das empresas e no futuro será para todas .

Apesar de estar clara a importância da sustentabilidade, é muito difícil avaliar o impacto ambiental exato gerado por uma indústria (Chen *et al.*, 2014). Um produto, no processo produtivo, pode passar por uma miríade de empresas diferentes, consumindo inúmeros recursos, direta ou indiretamente. Logo, para se ter uma medida precisa do impacto gerado pelo produto é preciso identificar e analisar todas as etapas que este passa ao longo de sua vida, desde a matéria prima até o produto final.

1.2 - Indústria 4.0

A indústria 4.0 é basicamente a aplicação das mais recentes tecnologias na indústria e na sociedade. Estas tecnologias incluem inteligência artificial, *machine learning*, computação em nuvem, sistemas virtuais integrados ou não a sistemas físicos, internet das coisas, dentre outras. Ela possibilita monitoramento, armazenamento e análise de enormes quantidades de informações, exponencialmente maiores do que na terceira revolução industrial.

1.3 Objetivos Gerais

O objetivo deste projeto é utilizar estas novas tecnologias e conceitos introduzidos pela Indústria 4.0, com foco em Internet das Coisas, para rastrear todo o impacto ambiental de um produto no âmbito industrial. Registrando todos os gastos (como água, energia, madeira, etc) de todas etapas que um produto passa, incluindo os gastos da matéria prima e dos processos e ferramentas utilizados. Desta forma, será possível ter uma medida muito mais precisa do impacto ambiental gerado pelo produto consumido.

1.4. Motivação

Como dito antes, a sustentabilidade está se tornando essencial para a sociedade, e as indústrias estão se adaptando. Criando um sistema que torna possível avaliar precisamente o impacto ambiental causado por um determinado produto, permitindo ao consumidor, à empresa e ao Estado tomarem decisões mais informadas e conscientes, tornando a sociedade como um todo mais sustentável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica será apresentado em maior detalhe o tópicos de Sustentabilidade, para esclarecer a necessidade do projeto perante a demanda da indústria atual e as dificuldades que são enfrentadas pelas empresas ao tentarem implementar medidas de controle susetável. Además, será apresentada em detalhe a tecnologia de Internet das Coisas, explorando suas camadas e seus devidos funcionamentos e requisitos para melhor elaboração do projeto final.

2.1 Sustentabilidade

A necessidade e importância de indicadores de sustentabilidade e as barreiras para obtê-los já foi extensivamente por vários pesquisadores. Desta forma, foram analisados trabalhos prévios, em destaque:

Chen et al. (2014) relatam a escassez de ferramentas que realizam a monitoração e avaliação do estado de sustentabilidade de empresas de manufatura através de indicadores de desempenho. Propõem então desenvolver uma ferramenta baseada em informações de sustentabilidade, avaliando empresas sob um olhar holístico para ajudá-las a tomar decisões necessárias para melhorias do meio ambiente. Afirmam também que não deve existir somente um único critério de sustentabilidade.

Joung et al. (2012) detectaram que fabricantes consideram cada vez mais a introdução de mudanças em seus processos de forma a torná-los mais sustentáveis por crescente pressão da sociedade e por grupos ambientalistas. Isso tem incentivado as empresas a desenvolverem e implementarem técnicas e ferramentas de avaliações de sistemas de manufatura sustentáveis, para isso foram criadas métricas e indicadores para monitoração, avaliação e tomada de decisões. Os autores também relatam a dificuldade de chegar em consenso entre as empresas em quais os dados a serem utilizados e a forma de tratá-los. Em seguida, revisam indicadores disponíveis publicamente e os dividem em categorias baseadas em gestão ambiental, crescimento econômico, bem-estar social, avanço tecnológico e gerenciamento de desempenho.

Verrier et al. (2013) analisam trabalhos anteriores e práticas de indústrias asiáticas para avaliar o conceito de produção enxuta e ações ecológicas. As práticas de produção enxuta diminui desperdícios com superprodução, paradas, transporte

desnecessário, defeitos, processos inapropriados, estoque desnecessários e movimentações desnecessárias. A abordagem ecológica ajuda a reduzir desperdícios com uso desnecessário de energia, consumo desnecessário de matérias primas e uso inadequado de materiais perigoso, além de melhorar a imagem da empresa como mais sustentável. No fim é proposto a criação de um repositório de dados para associar as maturidades das ações entre as empresas e também apresentam um questionário quantitativo e outro qualitativo de indicadores para documentar o real consumo e impacto ambiental das empresas participantes do estudo.

Amrina e Yusof (2011) afirmam a importância da avaliação de desempenho sustentável nas linhas produtivas da indústria automobilística. Os autores propõem definir um conjunto inicial de indicadores chave de desempenho para avaliar a produção sustentável; apropriada para a indústria automotiva. Estes indicadores foram derivados de uma integração de indicadores de desempenho de produção e indicadores de produção sustentável. Os autores adotaram as dimensões de sustentabilidade econômica, ambiental e social e as dimensões de fabricação de qualidade, de custo, de distribuição e de flexibilidade.

2.2 Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT do inglês *Internet of Things*) não é uma tecnologia única, é um conceito em que a maioria das coisas estão conectadas e identificadas. Vários pesquisadores descrevem a IoT de várias formas (traduzidas do inglês):

- Uma infraestrutura de rede global dinâmica com capacidades de autoconfiguração baseadas em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis onde coisas físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais e usam interfaces inteligentes e são perfeitamente integradas à rede de informação (Kranenburg, 2008).

- Coisas tendo identidades e personalidades virtuais operando em espaços inteligentes usando interfaces inteligentes para conectar e comunicar em contextos sociais, ambientais e de usuários (Networked Enterprise & RFID & Micro & Nanosystems, 2008).

- Uma infraestrutura global para a sociedade da informação que permite serviços avançados, interligando as coisas (físicas e virtuais) com base nas tecnologias

de informação e comunicação interoperáveis existentes e em evolução (ITU work on Internet of things, 2015).

A IoT, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam) capacidade computacional e de comunicação ao se conectar à Internet (Santos *et al.*, 2017).

A Internet das Coisas fornece soluções baseadas na integração da tecnologia da informação, que se refere ao *hardware* e *software* usados para armazenar, recuperar e processar dados e tecnologia de comunicações, o que inclui sistemas eletrônicos usados para comunicação entre indivíduos ou grupos.

A Internet não é apenas uma rede de computadores, mas evoluiu para uma rede de dispositivos de todos os tipos e tamanhos: veículos, *smartphones*, eletrodomésticos, brinquedos, câmeras, instrumentos médicos e sistemas industriais. Todos conectados, todos comunicando e compartilhando informações o tempo todo.

A IoT usa RFID (do inglês *Radio-Frequency IDentification*), sensores infravermelhos, GPS, scanners a laser e outros dispositivos sensores de informação para qualquer dispositivo conectado à Internet para prover a troca de informações e comunicação para identificar, localizar, rastrear, monitorar e gerenciar uma rede. As etiquetas RFID podem ser usadas para coordenar dados com sua capacidade de serem anexadas em diferentes superfícies de objetos. Elas podem ser percebidas em tempo real usando leitores RFID ativos ou passivos. As tecnologias RFID são amplamente utilizadas em muitos setores, como construção civil, educação, manufatura, saúde e indústrias aéreas (Mumtaz *et al.*, 2017). Além do RFID ativo / passivo, tecnologias modernas como Tablets, PCs, Wi-Fi, redes 3G, dispositivos móveis, *smartphones*, mapas do Google e arquitetura orientada a serviços se tornaram uma nova área de pesquisa.

2.2.1 Blocos

A IoT pode ser vista como a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no sentido de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual. De acordo com Santos et al. (2017) pode ser dividida nos seguintes blocos:

Identificação: é um dos blocos mais importantes, visto que é primordial identificar os objetos unicamente para conectá-los à Internet. Tecnologias como RFID, NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP podem ser empregados para identificar os objetos.

Sensores/Atuadores: sensores coletam informações sobre o contexto onde os objetos se encontram e, em seguida, armazenam/encaminham esses dados para *data warehouses*, *clouds* ou centros de armazenamento. Atuadores podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com os dados lidos.

Comunicação: diz respeito às diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes. Também desempenha papel importante no consumo de energia dos objetos sendo, portanto, um fator crítico. Algumas das tecnologias usadas são WiFi, Bluetooth, IEEE 802.25.4 e RFID.

Computação: inclui a unidade de processamento como, por exemplo, microcontroladores, processadores e FPGAs, responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.

Serviços: a IoT pode prover diversas classes de serviços, dentre elas, destacam-se os Serviços de Identificação, responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) (de interesse do usuário) em Entidades Virtuais (EV) como, por exemplo: a temperatura de um local físico em seu valor, coordenadas geográficas do sensor e instante da coleta; Serviços de Agregação de Dados que coletam e sumarizam dados homogêneos/heterogêneos obtidos dos objetos inteligentes; Serviços de Colaboração e Inteligência que agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de modo adequado a um determinado cenário; e Serviços de Ubiquidade que visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários.

Semântica: refere-se à habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT. Trata da descoberta de conhecimento e uso eficiente dos recursos existentes na IoT, a partir dos dados existentes, com o objetivo de prover determinado serviço. Para tanto, podem ser usadas diversas técnicas como *Resource Description Framework* (RDF), *Web Ontology Language* (OWL) e *Efficient XML Interchange* (EXI).

2.2.2 Tecnologias

Há algumas tecnologias muito utilizadas hoje que são fundamentais para projetos de Internet das Coisas. Em seguida, são fornecidos detalhes de algumas.

RFID

Uma tecnologia fundamental para IoT na indústria é a tecnologia RFID. Essa tecnologia permite que os *microchips* transmitam as informações de identificação dos produtos para um leitor por meio da comunicação sem fio. Usando leitores, todos podem identificar, rastrear e monitorar qualquer produto conectado com a etiqueta (*tag*) RFID automaticamente.

Os sistemas RFID são compostos por um ou mais leitores e várias etiquetas RFID. Etiquetas são caracterizadas por um identificador único e são aplicadas a objetos (até pessoas ou animais). Os leitores acionam a transmissão da *tag* gerando um sinal apropriado, que representa uma consulta para a possível presença de *tags* na área ao redor e para a recepção de seus IDs. Assim, os sistemas RFID podem ser usados para monitorar objetos em tempo real, sem a necessidade de estar em linha de visão. Isso permite mapear o mundo real no mundo virtual. Portanto, eles podem ser usados em uma variedade incrivelmente ampla de cenários de aplicativos, abrangendo desde a logística até a segurança e saúde (Atzori *et al.*, 2010).

De um ponto de vista físico, uma *tag* RFID é um pequeno *microchip* conectado a uma antena (que é usado tanto para receber o sinal do leitor quanto para transmitir a *tag* ID) em uma embalagem que geralmente é semelhante a um adesivo (Jules, 2006). As dimensões podem ser muito baixas: a empresa Hitachi desenvolveu uma *tag* com dimensões 0,4 mm x 0,4 mm x 0,15 mm.

Normalmente, as etiquetas RFID são passivas, isto é, não têm fontes de energia embutidas e captam a energia necessária para transmitir o seu ID do sinal transmitido por um leitor RFID nas proximidades. Este sinal gera uma corrente na antena por indução e essa corrente é utilizada para fornecer o *microchip* que irá transmitir o ID da etiqueta. O ganho (poder do sinal recebido pelo leitor dividido pela potência do sinal transmitido pelo mesmo leitor) caracterizando tais sistemas é muito baixo. No entanto, graças às antenas altamente direcionais utilizadas pelos leitores, as etiquetas ID podem ser corretamente recebidas dentro de um alcance de rádio que pode ter alguns metros. A transmissão pode ocorrer em várias bandas de frequência que vão desde frequências

baixas (LF) 124–135 kHz até frequências ultra-altas (UHF) 860–960 MHz que têm o maior alcance (Atzori *et al.*, 2010).

No entanto, existem também etiquetas RFID que recebem energia de baterias. Neste caso, pode-se distinguir as tags RFID entre semi-passivas e ativas. As semi-passivas, o *microchip* é alimentado por bateria enquanto recebe o sinal. Em RFID ativos, a bateria também alimenta a transmissão do sinal. A cobertura de rádio é a mais alta para tags ativas, mesmo que isso seja alcançado através de custos de produção mais altos (Atzori *et al.*, 2010).

Rede de Sensores

Outra tecnologia da IoT é a rede de sensores sem fio (WSN - do inglês *Wireless Sensor Networks*) . Em que usa sensores inteligentes interconectados para percepção e monitoramento. WSNs são usadas em muitos aplicações.

Elas podem cooperar com sistemas RFID para melhor acompanhar o status das coisas, ou seja, sua localização, temperatura, movimentos, etc. Logo, elas podem aumentar a consciência de um determinado ambiente e, assim, agir como uma ponte entre o físico e o digital. O uso de redes de sensores foi proposto em diversos cenários de aplicação, como monitoramento ambiental, *e-health*, sistemas de transporte inteligentes, monitoramento de instalações militares e industriais.

As redes de sensores consistem em um certo número (que pode ser muito alto) de sensores que se comunicam de maneira *multi-hop* sem fio. Normalmente, os nós relatam os resultados de sua detecção a um pequeno número de (na maioria dos casos, apenas um) nós especiais chamados de *sink* (fossa em português literal) (Atzori *et al.*, 2010).

Uma grande literatura científica foi produzida em redes de sensores no passado recente, abordando vários problemas em todas as camadas da pilha de protocolos (Akyildiz *et al.*, 2002). Os objetivos de projeto das soluções propostas são a eficiência energética (que é o recurso mais escasso na maioria dos cenários envolvendo redes de sensores), escalabilidade (o número de nós pode ser muito alto), confiabilidade (a rede pode ser usada para relatar eventos de alarme urgentes) e robustez (os nós sensores provavelmente estarão sujeitos a falhas por vários motivos).

Os avanços na tecnologia RFID e WSN contribuem para o desenvolvimento da IoT nas indústrias. Junto com essas duas tecnologias principais, algumas tecnologias e

dispositivos adicionais, como código de barras, *smartphone*, rede social, IPv6, 3G / 4G, Wi-Fi, WiMax e computação em nuvem são usadas para formar uma rede de suporte à IoT (Vijayalakshmi et al., 2017).

Middleware

O *middleware* é uma camada de *software* ou um conjunto de subcamadas interpostas entre os níveis de tecnologia e de aplicação (Atzori et al., 2010). Sua característica de ocultar os detalhes de diferentes tecnologias é fundamental para isentar o programador de questões que não são diretamente pertinentes ao seu foco, que é o desenvolvimento da aplicação específica habilitada pelas infraestruturas de IoT. O *middleware* está ganhando cada vez mais importância nos últimos anos devido ao seu papel principal na simplificação do desenvolvimento de novos serviços e na integração de tecnologias antigas em novas. Isso exceta o programador do conhecimento exato do conjunto variado de tecnologias adotadas pelas camadas inferiores.

Como está acontecendo em outros contextos, as arquiteturas de *middleware* propostas nos últimos anos para a IoT geralmente seguem a abordagem SOA (do inglês *Service Oriented Architecture*) (Xu et al., 2014). A adoção dos princípios da SOA permite a decomposição de sistemas complexos e monolíticos em aplicações que consistem em um ecossistema de componentes mais simples e bem definidos. O uso de interfaces comuns e protocolos padrões fornece uma visão horizontal de um sistema corporativo. Assim, o desenvolvimento de processos de negócios habilitados pela SOA é o resultado do processo de projetar fluxos de trabalho de serviços coordenados, que eventualmente estão associados a ações de objetos.

Isso facilita a interação entre as partes de uma empresa e permite reduzir o tempo necessário para se adaptar às mudanças impostas pela evolução do mercado (Lodewijks et al., 2006) .

Uma abordagem SOA também permite a reutilização de *software* e *hardware*, porque não impõe uma tecnologia específica para a implementação do serviço (Pasley et al., 2005).

Vantagens da abordagem SOA são reconhecidas na maioria dos estudos sobre soluções de *middleware* para IoT. Enquanto uma arquitetura em camadas comumente aceita não existe, as soluções propostas enfrentam essencialmente os mesmos problemas de abstrair as funcionalidades dos dispositivos e capacidades de

comunicação, fornecendo um conjunto comum de serviços e um ambiente para composição de serviços (Atzori *et al.*, 2010).

De acordo com Walker (2004) o *middleware* de RFID tem quatro funções:

- Coordenação do leitor: os usuários finais podem usar o *middleware* de RFID para carregar, monitorar, implantar, e enviar comandos para o leitor. Por exemplo, alguns fabricantes de *middleware* fornecem funções *hot-plugging*, permitindo que os usuários operem dinamicamente.

- Filtragem e agregação de dados: quando ocorrem erros de leitura de tags, a responsabilidade do *middleware* de RFID é corrigir os erros implementando algoritmos de correção. Ao lidar com grandes quantidades de dados, o *middleware* RFID deve fornecer processamento para filtrar e agrigar dados.

- Roteamento e integração de dados: algumas empresas possuem seus próprios sistemas SCM (*Supply Chain Management*), ERP (*Enterprise Resource Planning*) e CRM (*Costumer Relationship Management*). Essas empresas esperam que o *middleware* de RFID possa ser equipado com funções de roteamento e integração de dados, o que pode melhorar as operações utilizando RFID.

- Gerenciamento de processos: O *middleware* de RFID deve ser capaz de monitorar e agregar dados.

2.2.3 SOA para IoT

O SOA para IoT tem como objetivo conectar diferentes coisas nas redes. Como uma tecnologia essencial na integração de sistemas ou dispositivos heterogêneos, o SOA pode ser aplicado para apoiar o IoT. A SOA tem sido usada com sucesso em áreas de pesquisa como computação em nuvem, RSSFs (Rede de Sensores Sem Fio) e rede veicular (Xu *et al.*, 2014). Algumas idéias foram propostas para criar arquiteturas SOA multicamadas para IoT, com base na tecnologia selecionada, nas necessidades de negócios e nos requisitos técnicos.

Por exemplo Vijayalakshmi *et al.* (2017) e Xu *et al.* (2014) dividem o sistema em 4 camadas: percepção, rede, serviço e interface. Tyagi *et al.* (2017) dividem em: percepção, rede, aplicação. Paul *et al.* (2017) em: coisa, dispositivo de IoT, rede, gerenciamento de dados e decisão e suporte. Peña *et al.* (2017) em: objetos, conexão,

middleware e cliente. Ray (2018) em: dispositivo, comunicação, serviços, gerenciamento, segurança e aplicação.

Do ponto de vista tecnológico, o projeto de uma arquitetura de IoT precisa considerar extensibilidade, escalabilidade, modularidade e interoperabilidade entre dispositivos heterogêneos. Como as coisas podem se mover ou precisam de interação em tempo real com seu ambiente, é necessária uma arquitetura adaptativa para ajudar os dispositivos a interagir dinamicamente com outras coisas. A natureza descentralizada e heterogênea da IoT requer que a arquitetura ofereça recursos acionados por eventos eficientes da IoT (Xu *et al.*, 2014).

Tendo isso em mente foi feito uma junção das possíveis divisões feitas pelos autores mencionados anteriormente nas camadas: coisa, percepção, rede, serviço, interface e segurança.

Camada de Coisas

No ambiente cotidiano, as coisas podem ser uma televisão, um ar-condicionado, uma geladeira, pode até ser abstraído para uma casa ou cidade, dependendo do caso de uso. Em geral, pode ser qualquer coisa que possa ser atribuída uma identidade ou função virtual.

Camada de Percepção/Detecção

A camada de percepção pode ser considerada como uma rede física interna conectada ao mundo, na qual as coisas podem ser conectadas e controladas remotamente. À medida que mais e mais dispositivos são equipados com RFID ou sensores inteligentes, as conexões se tornam muito mais fáceis. Nesta camada de detecção, os sistemas inteligentes sem fio com *tags* ou sensores agora são capazes de detectar e trocar informações automaticamente entre diferentes dispositivos. Esses avanços tecnológicos melhoraram significativamente a capacidade da IoT de detectar e identificar coisas ou ambiente. Em alguns setores da indústria, os esquemas de implantação de serviços inteligentes e um identificador exclusivo universal (UUID) são atribuídos a cada serviço ou dispositivo que possa ser necessário. Um dispositivo com UUID pode ser facilmente identificado e recuperado. Assim, os UUIDs são críticos para a implantação de serviços bem-sucedidos em uma rede enorme como IoT (Xu *et al.*, 2014).

Um sistema IoT é baseado em dispositivos que fornecem atividades de detecção, atuação, controle e monitoramento. Os dispositivos IoT podem trocar dados com outros dispositivos e aplicativos conectados ou coletar dados de outros dispositivos e processar os dados localmente ou enviar os dados para servidores centralizados ou *back-ends* de aplicativos baseados em nuvem para processar os dados ou executar algumas tarefas localmente e outras tarefas dentro da infraestrutura da IoT com base em restrições temporais e espaciais (ou seja, memória, capacidade de processamento, latências de comunicação e velocidades e prazos). Um dispositivo da IoT pode consistir em várias interfaces para comunicações com outros dispositivos, tanto com fio quanto sem fio. Os dispositivos de IoT também podem ser de tipos variados, por exemplo, sensores vestíveis, relógios inteligentes, luzes LED, automóveis e máquinas industriais. Quase todos os dispositivos de IoT geram dados de alguma forma que, quando processados pelos sistemas analíticos de dados, geram informações úteis para orientar ações futuras local ou remotamente. Por exemplo, dados de sensores gerados por um dispositivo de monitoramento de umidade do solo em um jardim, quando processados pode ajudar a determinar os horários ideais de rega (Ray, 2018).

Camada de Rede

O papel da camada de rede é conectar todas as coisas e permitir que as coisas compartilhem as informações com outras coisas conectadas. Além disso, a camada de rede é capaz de agregar informações de infraestruturas de TI existentes (por exemplo, sistemas comerciais, sistemas de transporte, redes elétricas, sistemas de saúde, sistemas de TIC, etc.). Em SOA-IoT, serviços fornecidos por coisas são tipicamente implantados em uma rede heterogênea e todas as coisas relacionadas são trazidas para o serviço da Internet. Esse processo pode envolver gerenciamento e controle de QoS de acordo com os requisitos dos usuários / aplicativos (Atzori et al., 2010). Por outro lado, é essencial uma rede que mude dinamicamente descubra e mapeie automaticamente as coisas. Estas precisam ser atribuídas automaticamente com funções para implantar, gerenciar e agendar os comportamentos das coisas e serem capazes de mudar para outras funções a qualquer momento, conforme necessário. Esses recursos permitem que os dispositivos realizem tarefas de forma colaborativa. Para projetar a camada de rede em IoT, os projetistas precisam abordar questões como tecnologias de gerenciamento de rede para redes heterogêneas (como fixas, sem fio, móveis etc.), eficiência de energia em redes,

requisitos de QoS (*Quality of Service*), descoberta e recuperação de serviços, dados e sinal processamento, segurança e privacidade (Guinard et al., 2010).

Camada de Serviço

A camada de serviço conta com a tecnologia de *middleware* que fornece funcionalidades para integrar serviços e aplicativos em IoT. A tecnologia de *middleware* fornece à IoT uma plataforma econômica, na qual as plataformas de *hardware* e *software* podem ser reutilizadas. Uma atividade principal na camada de serviço envolve as especificações de serviço para *middleware*, que estão sendo desenvolvidas por várias organizações. Uma camada de serviço bem projetada será capaz de identificar requisitos comuns de aplicativos e fornecer APIs (*Application Programming Interface*) e protocolos para suportar os serviços, as aplicações e as necessidades dos usuários necessários. Essa camada também processa todos os problemas orientados a serviços, incluindo troca e armazenamento de informações, gerenciamento de dados, mecanismos de pesquisa e comunicação (Guinard et al., 2010).. Essa camada inclui os seguintes componentes (Xu et al., 2014):

- 1) Descoberta de serviços: encontrar objetos que possam oferecer os serviços e informações necessárias de maneira eficiente.
- 2) Composição do serviço: possibilitando a interação e comunicação entre coisas conectadas. A fase de descoberta alavanca as relações entre diferentes coisas para descobrir o serviço desejado, e o componente de composição de serviço é para agendar ou recriar serviços mais adequados para adquirir os serviços mais confiáveis para atender à solicitação.
- 3) Gestão de confiabilidade: visando determinar os mecanismos de confiança e reputação que podem avaliar e utilizar as informações fornecidas por outros serviços para criar um sistema confiável.
- 4) APIs de serviço: suporte às interações entre os serviços requeridos em IoT.

Camada de Interface/Cliente

A camada de interface é a mais importante em termos de usuários, pois é a interface que fornece os módulos necessários para controlar e monitorar vários aspectos do sistema IoT. Aplicativos permitem que os usuários visualizem e analisem o status do

sistema no estágio atual de ação, às vezes, a previsão de perspectivas futuristas (Ray, 2018).

Em IoT, um grande número dos dispositivos envolvidos é feito por diferentes fabricantes / fornecedores e eles nem sempre seguem os mesmos padrões / protocolos. Como resultado da heterogeneidade, há muitos problemas de interação com a troca de informações, a comunicação entre as coisas e o processamento cooperativo de eventos entre coisas diferentes. Além disso, o aumento constante das coisas que participam de uma IoT dificultam a conexão, a comunicação, a desconexão e a operação dinâmica. Há a necessidade de uma camada de interface para simplificar o gerenciamento e a interconexão das coisas. Um perfil de interface pode ser visto como um subconjunto de padrões de serviço que suportam a interação com aplicativos implantados na rede.

Os perfis de interface são usados para descrever as especificações entre aplicações e serviços. Os serviços na camada de serviço são executados diretamente em infraestruturas de rede limitadas para encontrar efetivamente novos serviços para um aplicativo, à medida que se conectam à rede (Xu *et al.*, 2014).

Camada de Segurança

A camada de segurança protege o sistema IoT, fornecendo funções como autenticação, autorização, privacidade, integridade de mensagens, integridade de conteúdo e segurança de dados. É essencial para conseguir a confiança do usuário.

3. DEFINIÇÃO DE PROJETO

Na definição de Projeto são apresentados os requisitos considerados para o projeto, ou seja, quais objetivos devem ser cumpridos e funções necessárias. Também é apresentada a metodologia a ser seguida no desenvolvimento.

3.1 Requisitos

Para alcançar os objetivos desejados do projeto, o sistema desenvolvido deverá satisfazer os seguintes requisitos:

-Registrar recursos e processos – Conforme o produto passa pelos processos de fabricação, estes devem ser registrados ao longo com os recursos neles utilizados a fim de criar uma base de dado completa e confiável. Um recurso pode consistir em qualquer item necessário para fabricar um produto, desde materiais primas, como água e energia, até outros produtos, como parafusos e pregos.

-Cálculo dos índices de sustentabilidade – Utilizado os dados registrados, o sistema deve ser capaz de realizar todos os cálculos necessários para chegar nos índices de sustentabilidade que serão atrelados aos produtos.

-Visualização dos dados – O sistema deve permitir que o usuário veja todas as informações de gastos e processos atrelados ao produto como também seu grau de sustentabilidade a partir dos índices.

-Alteração dos dados – Para o sistema se adequar às mudanças de fabricação, deve-se ser possível o usuário realizar cadastros de novos produtos, índices, processos e recursos, assim como possíveis exclusões e alterações.

3.2 Metodologia

O desenvolvimento do projeto será dividido em duas partes. A primeira, referente ao sistema de internet das coisas, utilizará a divisão em cinco camadas como visto na bibliografia: camada de coisas, camada de percepção, camada de rede, camada de serviço e camada de interface.

A segunda referente à própria camada de interface, a interação do usuário com o sistema. Para isso serão utilizados diagrama UML (*Unified Modeling Language*, ou Linguagem Unificada de Modelagem), a fim de organizar a estrutura do programa e realizar sua documentação. O primeiro diagrama a ser realizado é o de casos de uso, para a descrição das funcionalidades do programa. Serão então estabelecidos diagramas de atividades, para se definir as operações necessárias para cada caso de uso. Em seguida, o diagrama de classes apresentará uma primeira aproximação da estrutura do programa. Por fim, os diagramas de sequência apresentarão com detalhes a interação entre o usuário e os componentes descritos no diagrama de classes (UML, 2015).

3.2.1 Camadas

- **Camada das Coisas:** consiste nos objetos físicos que serão integrados ao sistema, no caso deste projeto serão os produtos sendo fabricados.
- **Camada de Percepção:** são os dispositivos que permitem com que a coisa interaja com o sistema, no caso será a etiqueta RFID que será acoplada no produto para permitir sua identificação, como também os sensores RFID que realizarão tal identificação detectando a etiqueta.
- **Camada de Rede:** permite a comunicação entre as coisas e a camada de serviço, através dela que serão transmitidas as informações atreladas ao produto conforme estiver passando pelo processo de fabricação.
- **Camada de Serviço:** Processa e armazena as informações recebidas e realiza todos os cálculos e manipulações de dados para chegar ao serviço desejado, no caso, o registro de todos os processos e recursos que um determinado produto passar e o cálculo de seus respectivos índices de sustentabilidade.
- **Camada de Interface:** fornece os módulos necessários para o usuário controlar e monitorar os aspectos do sistema de Internet das Coisas.

3.2.2 UML

A seguir os diagramas UML são apresentados e discutidos para desenvolver melhor a Camada de Interface.

Diagrama de Casos de Uso

O primeiro diagrama, de caso de usos, representa a interação dos atores, neste caso apenas o usuário, com o sistema e explica sua relação com as várias funcionalidades em que está envolvido. O diagrama é apresentado na Figura 1 e suas funcionalidades são descritas a seguir.

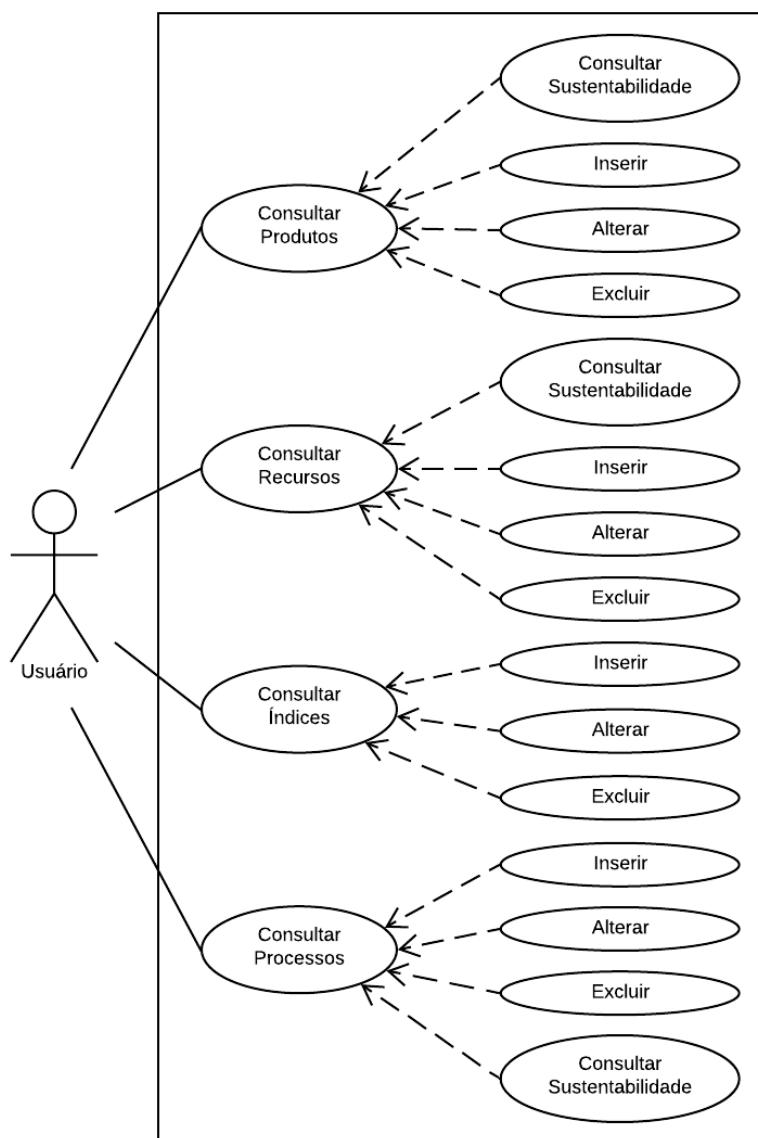


Figura 1: Diagrama de Casos de Uso

- **Consultar Recursos:** O usuário seleciona a tela de consultar recursos e poderá ver todos os recursos cadastrados na base de dados.
- **Consultar Índices:** O usuário seleciona a tela de consultar índices e poderá ver todos os índices cadastrados; também poderá ver os cálculos necessários para obter estes índices e os recursos utilizados nos cálculos, por isso a extensão com “Consultar Recursos”.
- **Consultar Processos:** O usuário seleciona a tela de consultar processos e poderá ver todos os processos cadastrados; também poderá ver os recursos necessários atrelados ao processo, por isso a extensão com “Consultar Recursos”.
- **Consultar Produtos:** O usuário seleciona a tela de consultar produtos e poderá ver todos os produtos cadastrados; também poderá ver os índices, processos e recursos atrelados a este produto, por isso as extensões com “Consultar Índices” e “Consultar Processos”.
- **Consultar Sustentabilidade:** O usuário escolhe ver a sustentabilidade do produto, recurso ou processo, isto é, todos os recursos gastos nele e os resultados dos índices de sustentabilidade atrelados a ele.
- **Inserir Produto:** permite que o usuário insira um produto.
- **Alterar Produto:** permite que o usuário altere as informações de um produto.
- **Excluir Produto:** permite que o usuário exclua um produto.
- **Inserir Recurso:** permite que o usuário insira um recurso.
- **Alterar Recurso:** permite que o usuário altere as informações de um recurso.
- **Excluir Recurso:** permite que o usuário exclua um recurso.
- **Inserir Índice:** permite que o usuário insira um índice.
- **Alterar Índice:** permite que o usuário altere as informações de um índice.
- **Excluir Índice:** permite que o usuário exclua um índice.
- **Inserir Processo:** permite que o usuário insira um processo.

- **Alterar Processo:** permite que o usuário altere as informações de um processo.

- **Excluir Processo:** permite que o usuário exclua um processo.

Diagramas de Atividade

O diagrama de atividades detalha cada caso de uso descrito anteriormente. Alguns casos foram agrupados devido a sua grande semelhança no processo, diferindo somente em nome.

A Figura 2 apresenta o diagrama de atividade do caso de uso “Consultar Índice”. Ao selecionar o caso de uso mostra-se a tela com a lista dos itens cadastrados. Em seguida, o usuário pode escolher fazer uma das três operações de “inserir”, “alterar” ou “excluir”, que o levará para tela da operação escolhida.

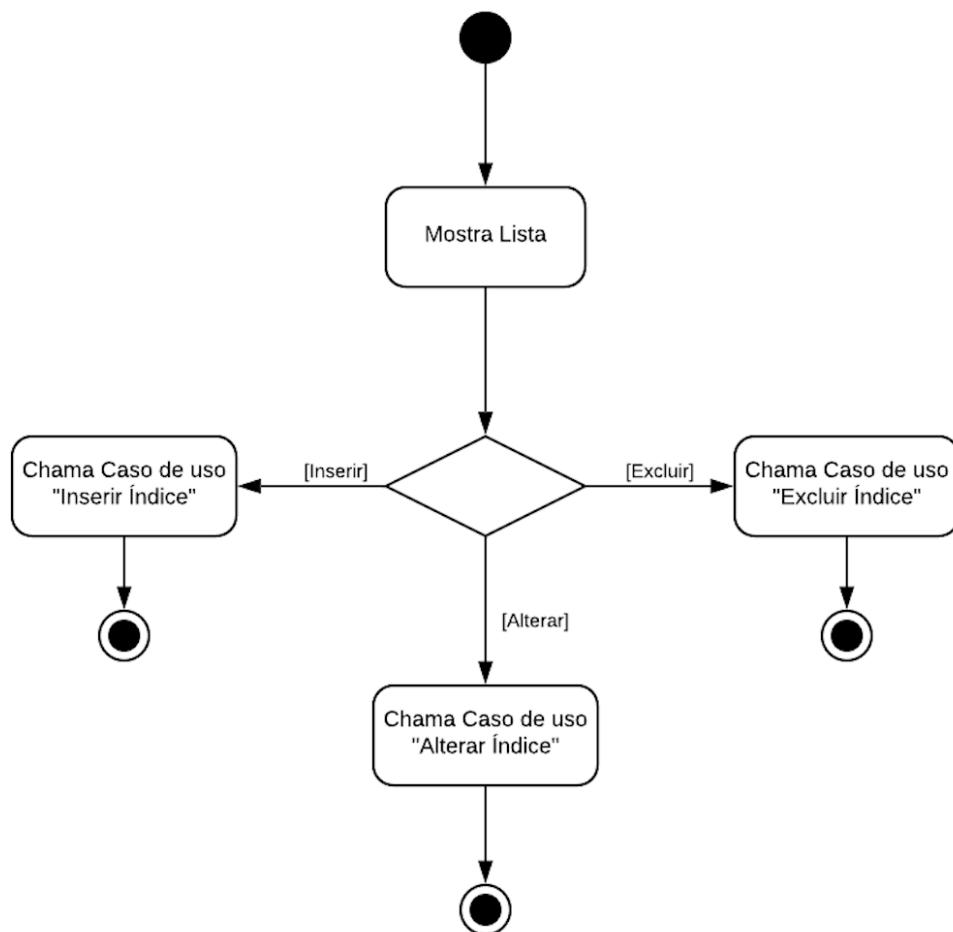


Figura 2: Diagrama de Atividade - Consultar Índice

A Figura 3 apresenta o diagrama de atividade do caso de uso “Consultar X” onde X pode ser “Processos”, “Produtos” ou “Recursos”. Ao selecionar o caso de uso mostra-se a tela com a lista dos itens cadastrados. Em seguida, o usuário pode escolher fazer uma das quatro operações de “inserir”, “alterar”, “excluir” ou “consultar sustentabilidade”, que o levará para tela da operação escolhida.

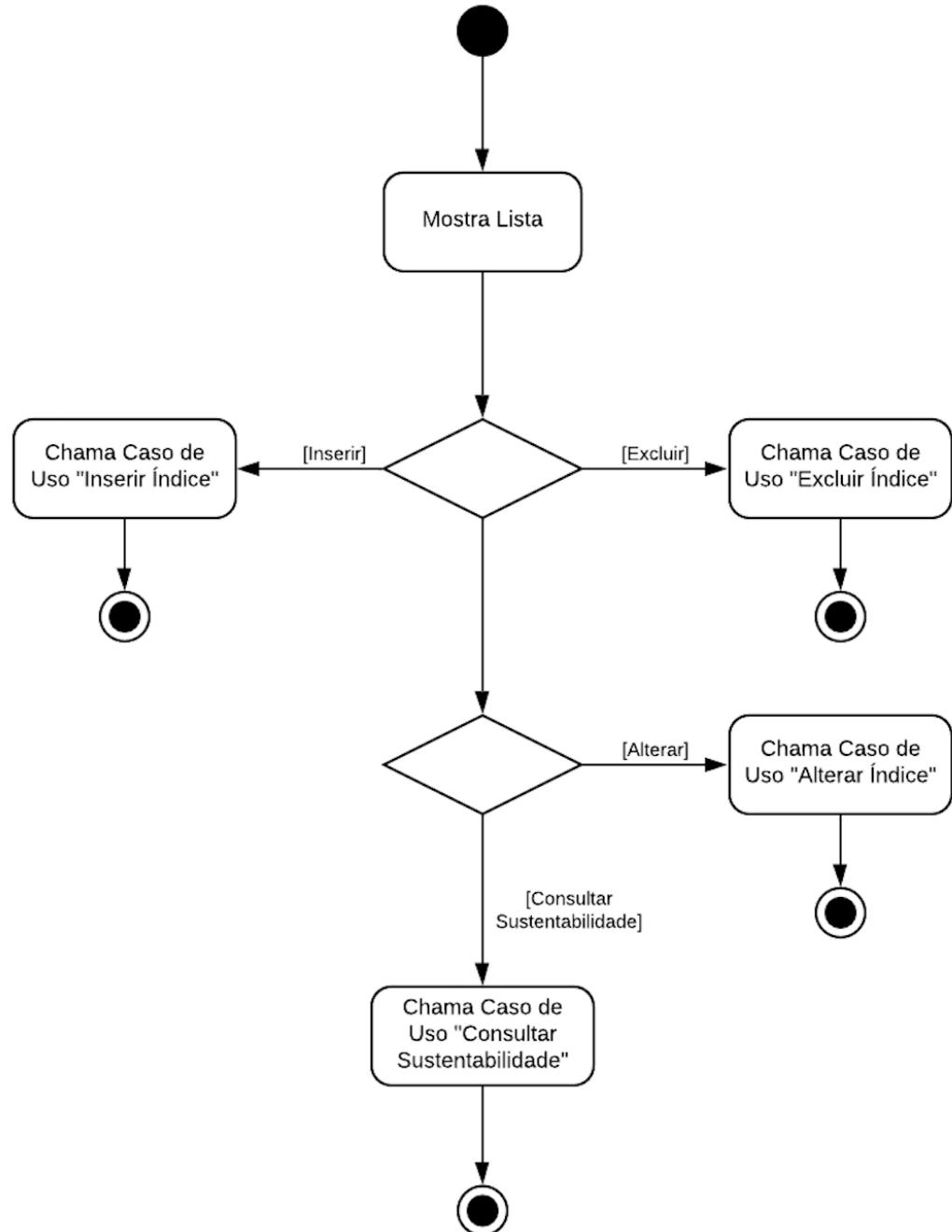


Figura 3: Diagrama de Atividade - Consultar X

A Figura 4 apresenta o diagrama de atividade do caso de uso “Consultar Sustentabilidade”. O produto, recurso ou processo de interesse já foi selecionado no caso de uso descrito na Figura 3, então os recursos utilizados são puxados da base e os índices atrelados ao item são calculados. Exibem-se então as informações obtidas na interface.

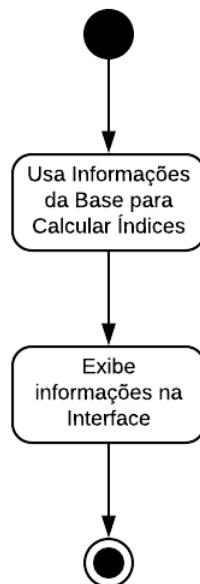


Figura 4: Diagrama de Atividade – Consultar Sustentabilidade

A Figura 5 apresenta o diagrama de atividade do caso de uso Inserir X, onde X pode ser “Produtos”, “Processos”, “Índices” ou “Recursos”. Primeiramente são pedidas as informações pertinentes ao item escolhido. O usuário pode cancelar a operação de inserção e retornar a tela anterior. Uma vez inseridas as informações pelo usuário, o sistema as cadastra na base de dados e emite uma mensagem de sucesso da operação. Em seguida o usuário pode escolher inserir outro item ou encerrar a operação.

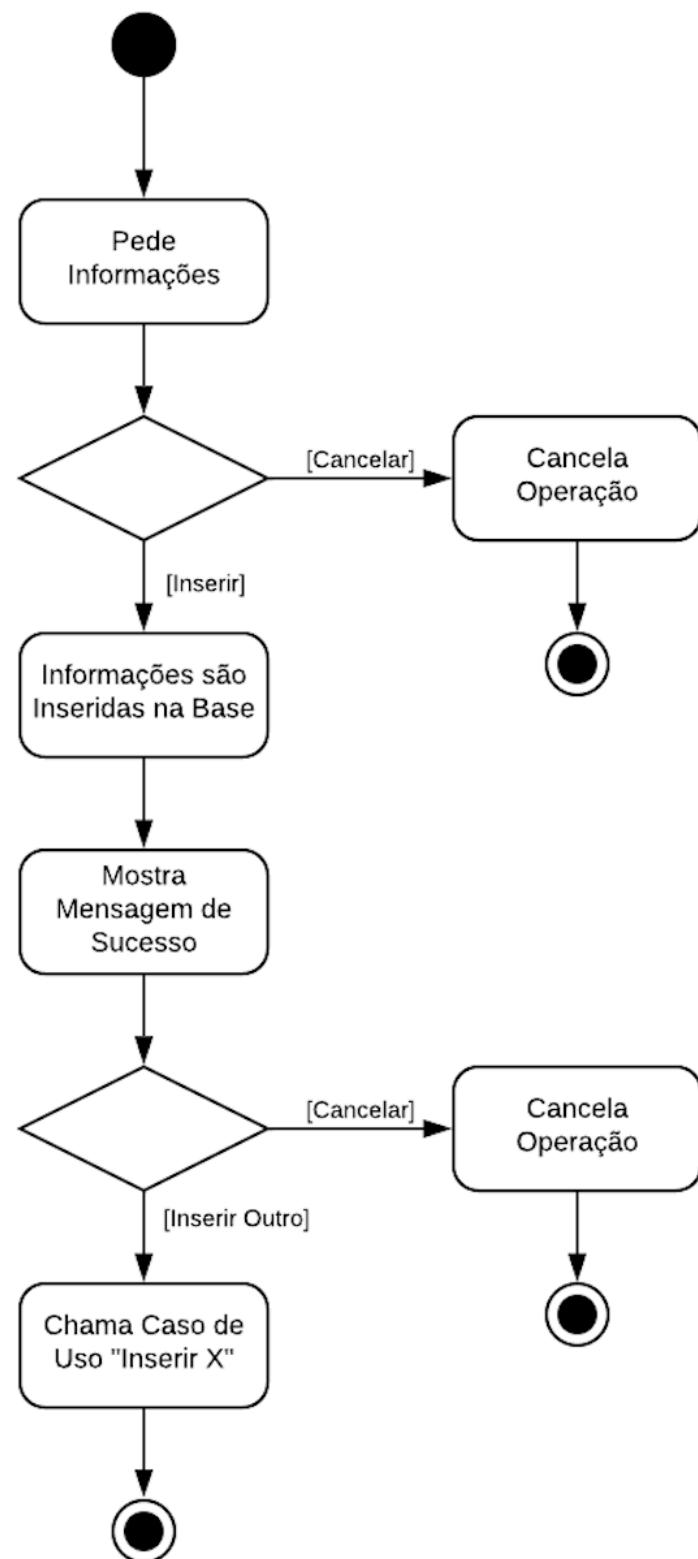


Figura 5: Diagrama de Atividade – Inserir X

A Figura 6 apresenta o diagrama de atividade do caso de uso “Alterar X”, onde X pode ser “Produtos”, “Processos”, “Índices” ou “Recursos”. O item já foi selecionado no caso de uso da Figura 3 então efetua-se as alterações desejadas e em seguida as mudanças são feitas na base de dados e uma mensagem de sucesso da operação é exibida. O usuário pode também cancelar a operação de alteração e retornar a tela anterior.

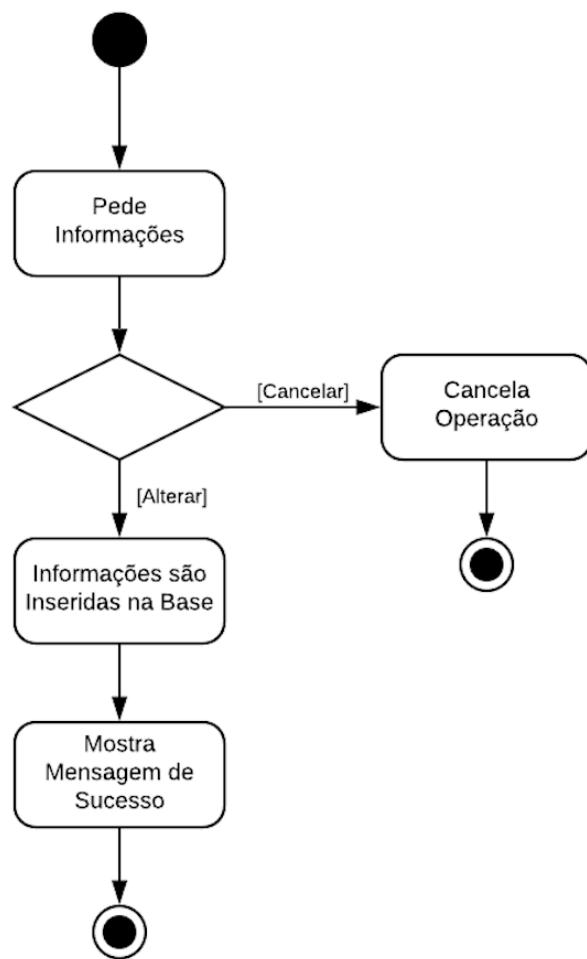


Figura 6: Diagrama de Atividade – Alterar X

A Figura 7 apresenta o diagrama de atividade do caso de uso “Excluir X”, onde X pode ser “Produtos”, “Processos”, “Índices” ou “Recursos”. O sistema pede a confirmação da exclusão do item, uma vez confirmado pelo usuário o item é deletado na base de dados e uma mensagem de sucesso da operação é emitida.

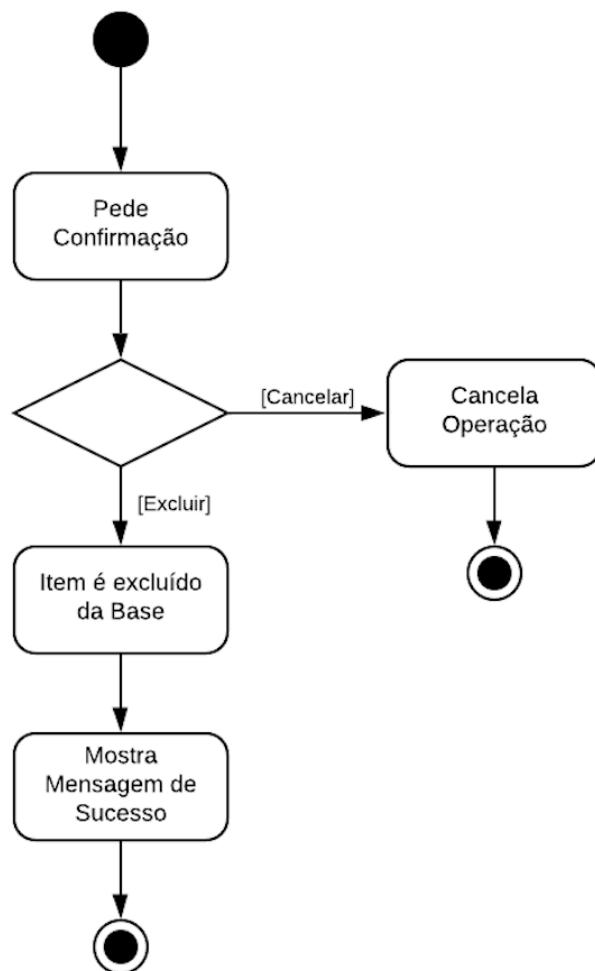


Figura 7: Diagrama de Atividade – Excluir X

Diagrama de Classe

A Figura 8 apresenta o diagrama de classes que apresenta uma primeira aproximação da estrutura do programa. Em seguida são discutidas suas classes, atributos e métodos.

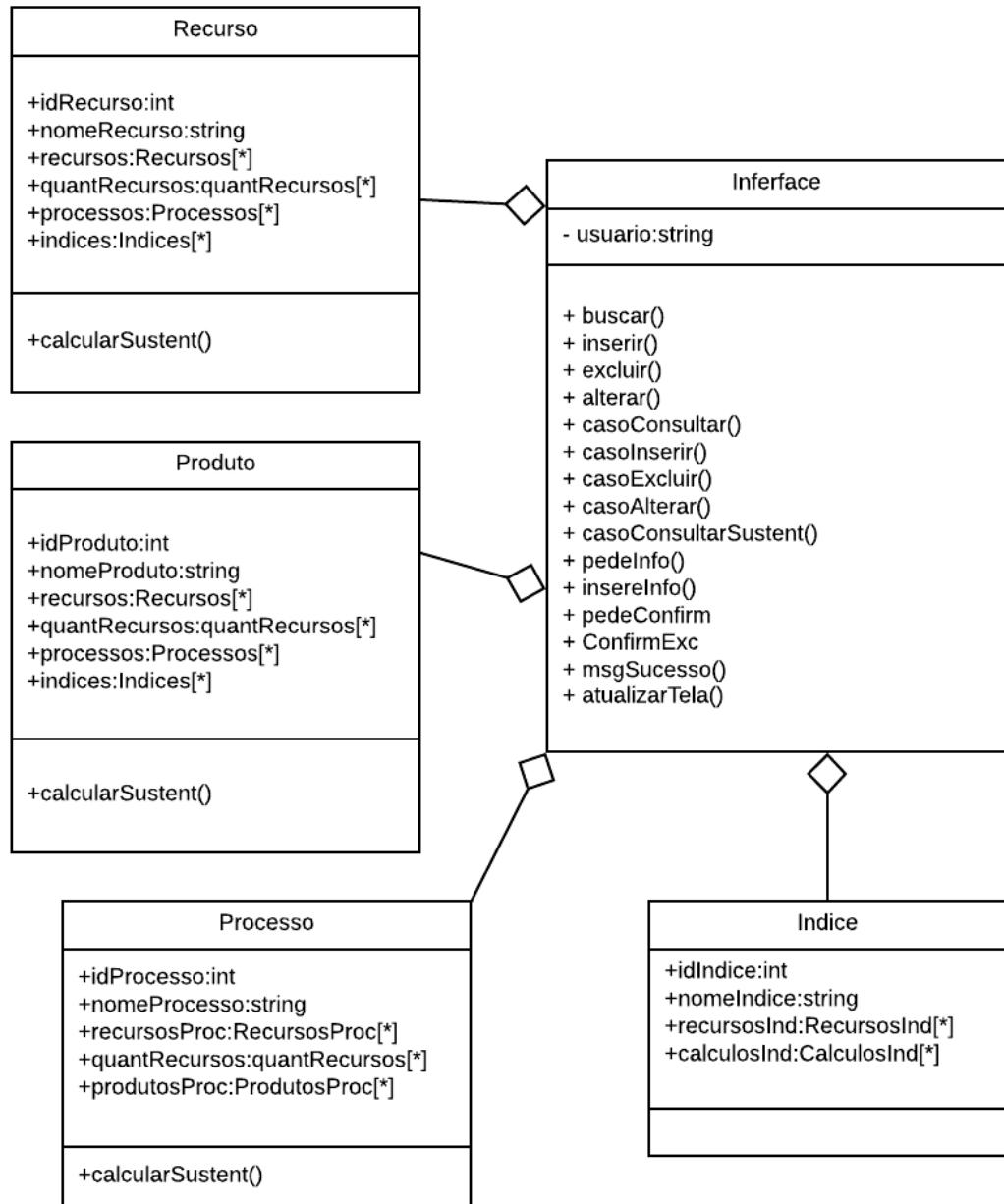


Figura 8: Diagrama de Classes

A Classe “Recurso” representa os recursos a serem utilizados, como água ou energia. Contém os atributos: “`idRecurso`”, que consiste em um número de identificação único do recurso; “`nomeRecurso`”, que consiste no nome do recurso;

“recursos”, que consiste numa lista dos recursos que são utilizados na fabricação do recurso; “quantRecurso”, que consiste numa lista das quantidades dos recursos que são utilizados na fabricação do recurso; “processos”, que consiste numa lista dos processos que o recurso passou; “índices”, que consiste numa lista dos índices de sustentabilidade atrelados ao produto. Também contém o método “calcularSuntent()”, que faz o cálculo dos índices atrelados ao produto.

A Classe “Índice” representa os índices a serem calculados. Contém os atributos: “idIndice”, que consiste em um número de identificação único do produto; “nomeIndice”, que consiste no nome do índice; “recursosInd”, que consiste na lista de recursos usados para calcular o índice; “calculosInd”, que consiste numa lista das operações matemáticas a serem feitas com os determinados recursos.

A Classe “Processo” representa os processos que um determinado produto passará. Contém os atributos: “idProcesso”, que consiste em um número de identificação único do processo; “nomeProcesso”, que consiste no nome do processo; “recursosProc”, que consiste nos recursos que são utilizados no processo; “quantRecurso”, que consiste numa lista das quantidades dos recursos que são utilizados na fabricação do recurso; “produtoProc”, que consiste numa lista dos IDs dos produtos ou recursos que passam pelo processo.

A Classe “Produto” representa os produtos cadastrados. Contém os atributos: “idProduto”, que consiste em um número de identificação único do produto; “nomeProduto”, que consiste no nome do produto; “recursos”, que consiste numa lista dos recursos que são utilizados na fabricação do produto; “quantRecurso”, que consiste numa lista das quantidades dos recursos que são utilizados na fabricação do recurso; “processos”, que consiste numa lista dos processos que o produto passou; “índices”, que consiste numa lista dos índices de sustentabilidade atrelados ao produto. Também contém o método “calcularSuntent()”, que faz o cálculo dos índices atrelados ao produto.

A Classe “Interface” representa o controle do sistema. Contém os métodos: “buscar()”, que busca os atributos das outras classes; “inserir()”, que insere atributos das outras classes; “excluir()”, que exclui atributos das outras classes; “alterar”, que altera atributos das outras classes; “casoConsultar()”, que representa o caso de uso “Consultar” disponível ao usuário; “casoIncluir()”, que representa o caso de uso

“Incluir” disponível ao usuário; “casoExcluir()”, que representa o caso de uso “Excluir” disponível ao usuário; “casoAlterar()”, que representa o caso de uso “Alterar” disponível ao usuário; “casoConsultarSustent()”, que representa o caso de uso “Consultar Sustentabilidade” disponível ao usuário; “pedeInfo”, que pede as informações ao usuário; “insereInfo”, para o usuário inserir as informações; “pedeConfirm”, que pede a confirmação da exclusão ao usuário; “confirmExc”, para o usuário confirmar a exclusão; “msgSucesso”, que exibe uma mensagem que a operação foi realizada com sucesso e “atualizarTela()”, que atualiza a tela com as informações pedidas dependendo do caso de uso.

Diagramas de Sequencia

Para detalhar a interação entre o usuário e os diferentes objetos definidos no diagrama de classes, estabeleceram-se diagramas de sequência para cada caso de uso. A ação inicial parte do usuário em direção à classe Interface para que, em seguida, os métodos adequados a cada caso de uso sejam chamados.

A figura 9, representa o caso de uso “Alterar”, o usuário aciona o método “casoAlterar()”, a interface pede as informações ao usuário, que informa as mudanças a serem feitas em seus atributos através do método “insereInfo”. Em seguida a classe “Interface” realiza as mudanças na classe “Produto” através da função “alterar()” e após receber a confirmação do acontecimento emite uma mensagem de sucesso da operação na interface.

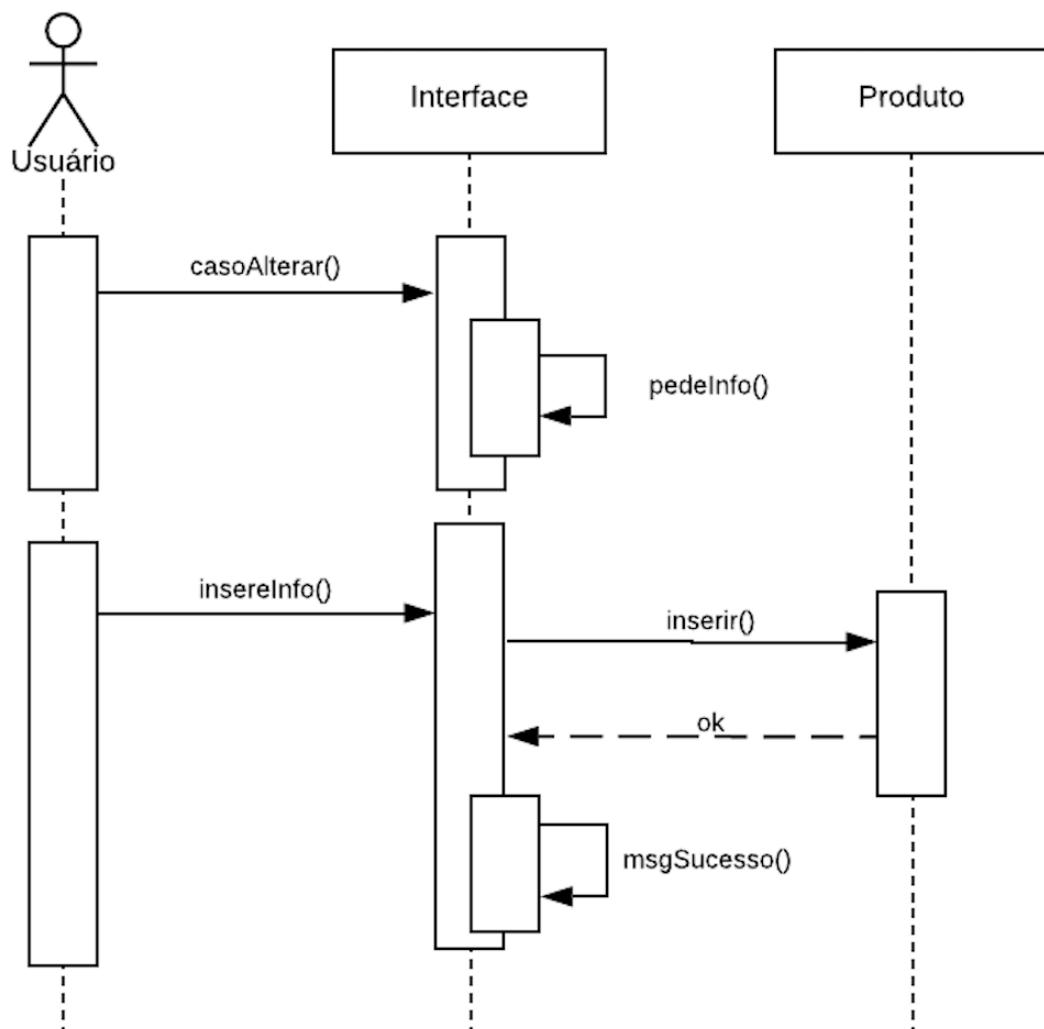


Figura 9: Diagrama de Sequência – Alterar

A figura 10, representa o caso de uso “Inserir”, o usuário aciona o método “casoIncluir()”, a interface pede as informações ao usuário, que as insere através do método “insereInfo”. Em seguida a classe “Interface” realiza a inserção na classe do item através do método “inserir()” e após receber a confirmação do acontecimento emite uma mensagem de sucesso da operação na interface.

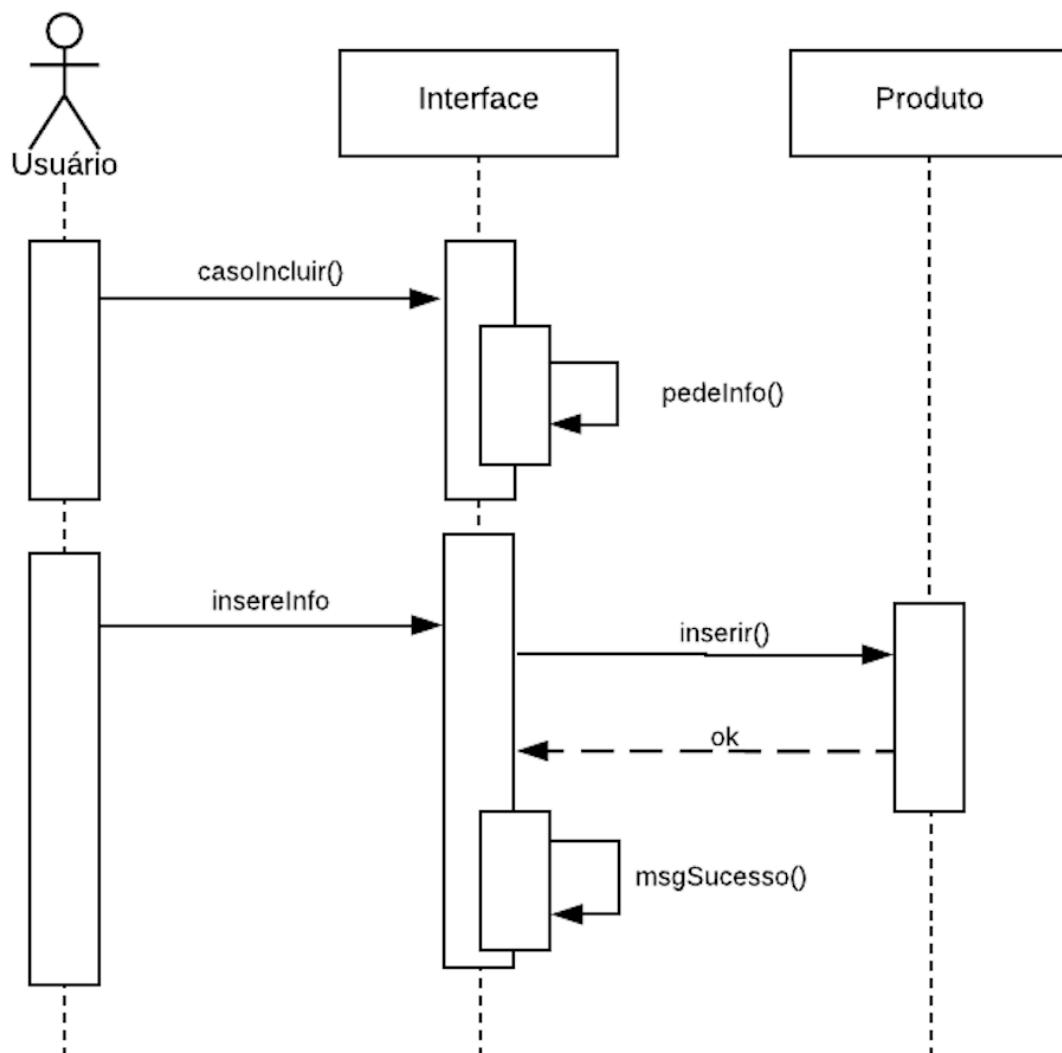


Figura 10: Diagrama de Sequência - Inserir

A figura 11, representa o caso de uso “Excluir”, o usuário aciona o método “casoExcluir()”, que pede a confirmação da operação. Em seguida a classe Interface realiza a exclusão na classe do item através do método “excluir()” e após receber a confirmação do acontecimento atualiza a interface com uma mensagem de sucesso.

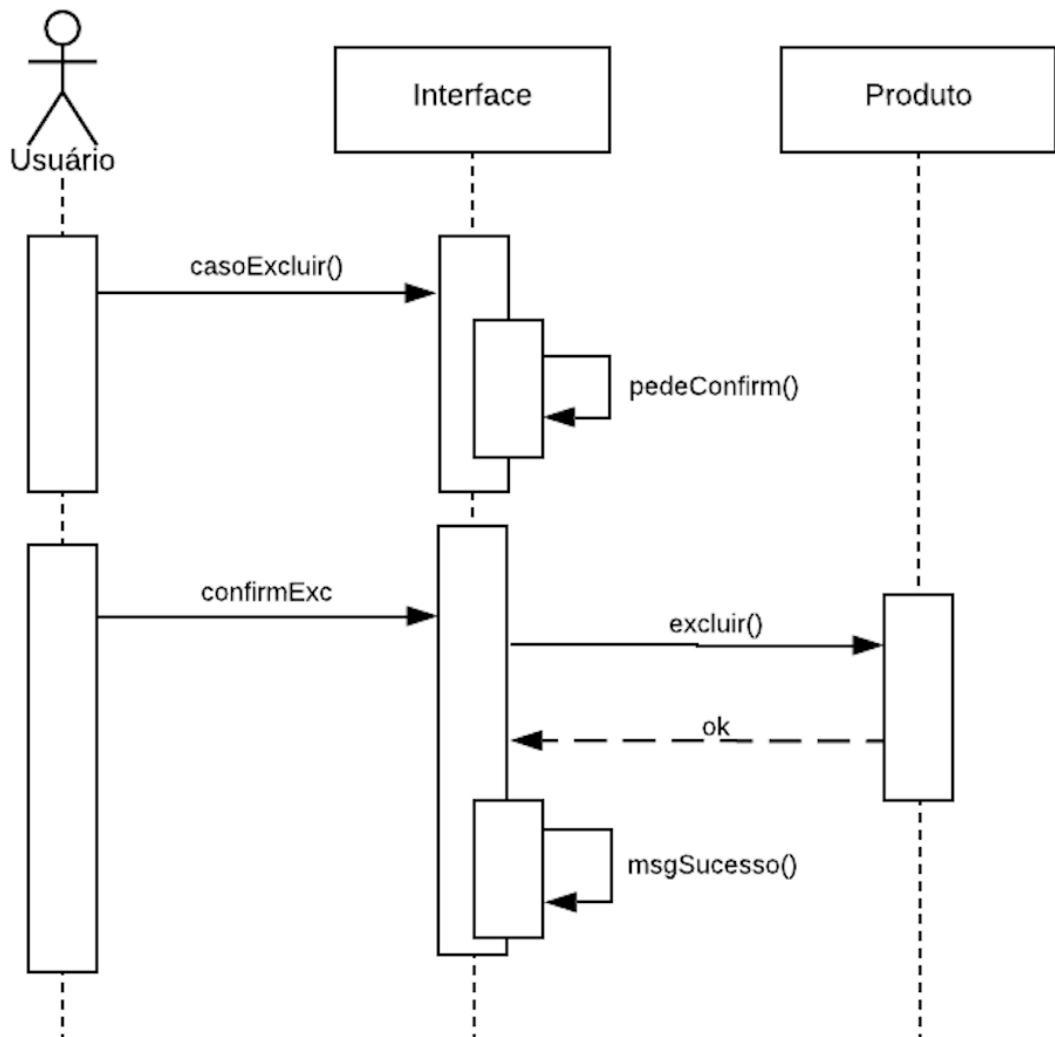


Figura 11: Diagrama de Sequência - Excluir

A figura 12, representa o caso de uso “Consultar”, o usuário aciona o método “casoConsultar()”, que informa o item a ser consultado. Em seguida a classe “Interface” realiza a busca da lista de itens na classe do item através do método “buscar()” e após receber a confirmação do acontecimento atualiza a interface através do método “atualizarTela()”.

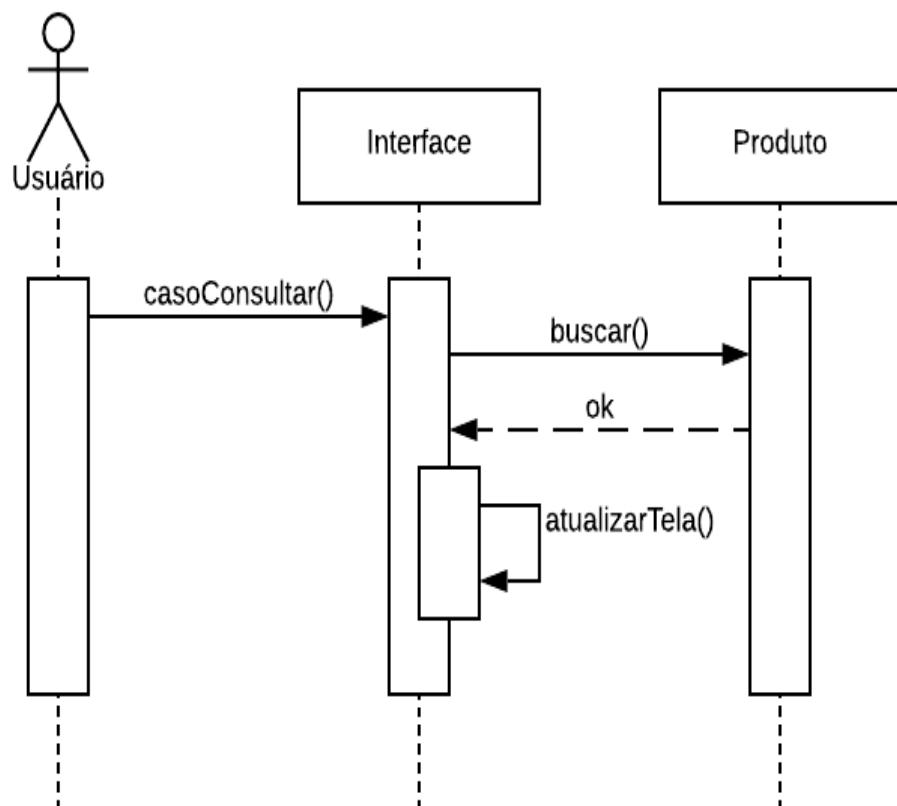


Figura 12: Diagrama de Sequência - Consultar

A figura 13, representa o caso de uso “Consultar Sustentabilidade”, o usuário aciona o método “casoConsultarSustent()”, que informa o produto desejado. Em seguida a classe “Interface” realiza a busca do produto através do método “buscar()” e a classe “Produto” realiza o cálculo dos índices através do método “calcularSustent()”, após receber a confirmação do acontecimento atualiza a interface através do método “atualizarTela()”.

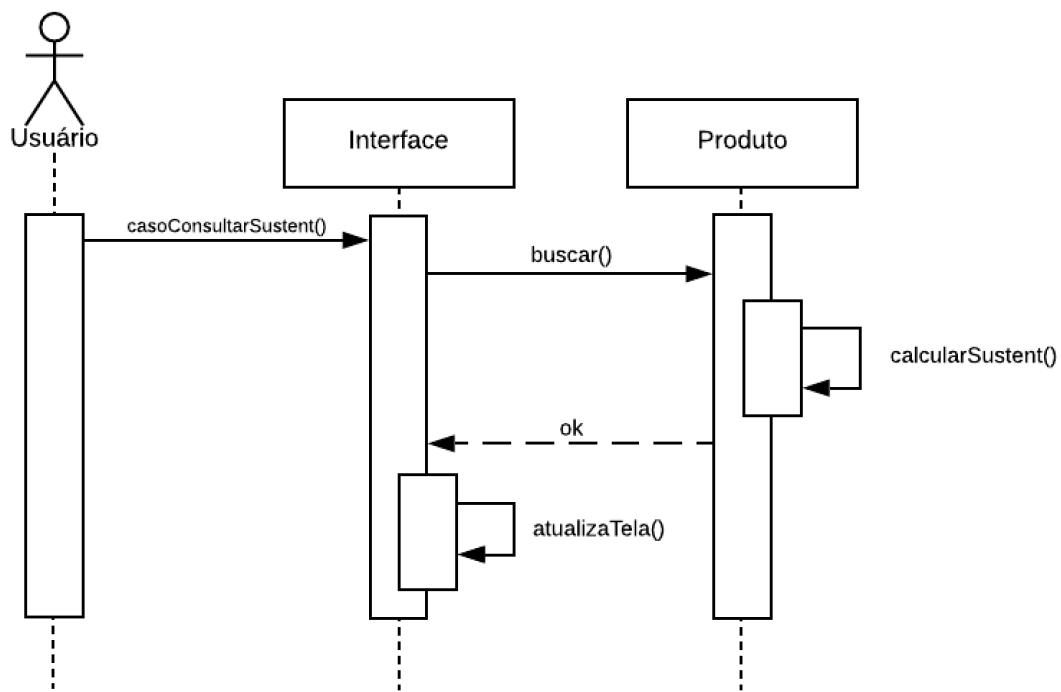


Figura 13: Diagrama de Sequência – Consultar Sustentabilidade

4. IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do programa foi feita baseada nos diagramas UML e nas camadas descritas na bibliografia. Há a camada com os bancos de dados que fica invisível ao usuário e a camada de interface onde o usuário pode manipular as informações coletadas.

4.1 Bancos de Dados

As informações dos bancos de dados podem ser inseridas tanto manualmente através da interface pelo usuário como também pelo sistema ao coletar as informações do processo sendo monitorado. O banco de dados possui quatro tabelas: de recursos, de processos, de produtos e de índices de sustentabilidade.

Tabela de Recursos

A Tabela 1 mostra a tabela dos dados de recursos. Esta consiste em sete colunas com as informações dos recursos que foram utilizados nos processos. A primeira coluna “ID” consiste em um número inteiro único utilizado para identificação de uma leva do recurso. A coluna “Nome” consiste no nome do produto, podendo se repetir, já que, cada vez que um lote de produto é criado, usa-se também um lote de recursos. A coluna “Unidade” contém a unidade de medida dos recursos utilizados e a coluna “Quantidade” contém as quantidades medidas pelos sensores que foram utilizadas nos processos.

ID	Nome	Unidade	Quantidade	Recursos	Processos	Índices
111	Energia	kWh	0,53			
121	Recurso A	kg	8,11			
211	Energia	kWh	1,05			
231	Recurso B	un	10,00	111;121	11	2
112	Energia	kWh	0,55			
122	Recurso A	kg	8,09			
212	Energia	kWh	1,02			
232	Recurso B	un	10,00	112;122	12	4

Tabela 1: Tabela de Recursos

Um recurso pode ser produzido por um processo, logo a coluna “Recursos” contém os IDs dos recursos utilizados em sua produção e a coluna “Processos” contém os processos pelos quais tal recurso passou em sua produção. Na Tabela 1, por exemplo, consta que para produzir 10 unidades de “Recurso B”, de ID igual a “231”, que passou pelo processo de ID igual a “11”, utilizou-se os recursos de IDs “111” (0,53 kWh de Energia) e “121” (8,11kg de Recurso A).

A última coluna “Índices” consiste nos números de identificação de índices de sustentabilidade, para caso o recurso tenha algum índice associado a sua produção. Por exemplo, na Tabela 1 o recurso “Recurso B” de ID igual a “231” está associado ao índice de sustentabilidade de ID igual a “2”.

Tabela de Processos

A Tabela 2 mostra a tabela dos dados de processos. Esta consiste em seis colunas com as informações dos processos que foram utilizados na produção dos produtos. A primeira coluna “ID” consiste em um número inteiro único utilizado para identificação de um processo. A coluna “Nome” consiste no nome do processo, podendo se repetir, já que cada vez que um lote de produtos é produzido, este passa por um lote de processos.

ID	Nome	Recursos Utilizados	Recursos Produzidos	Produto Associado	Índices
11	Processo A	111;121	231	1	
21	Processo B	211;231		1	
12	Processo A	112;122	232	2	
22	Processo B	212;232		2	

Tabela 2: Tabela de Processos

A coluna “Recursos Utilizados” consiste nos números de identificação dos recursos utilizados no processo. A coluna “Recursos Produzidos” consiste nos números de identificação dos recursos que foram gerados por meio do processo, se houver algum. A coluna “Produto Associado” consiste no produto final que os processos estão associados. Por exemplo, na Tabela 2, o processo “Processo A”, de ID igual a “11”,

utilizou os recursos de IDs iguais a “111” (0,53 kWh de Energia) e “121” (8,11kg de Recurso A) para produzir o recurso de ID igual a “231” (10 unidades de Recurso B), e está associado à produção do lote de produto de ID igual a “1”.

A coluna “Índices” consiste nos números de identificação de índices de sustentabilidade, para caso o recurso tenha algum índice associado a sua produção.

Tabela de Produtos

A Tabela 3 mostra a tabela de dados de produtos. Esta consiste em sete colunas com as informações dos lotes de produtos que foram fabricados por meio dos processos monitorados. A primeira coluna “ID” consiste em um número inteiro único utilizado para identificação de um lote do produto. A coluna “Nome” consiste no nome do produto, podendo se repetir, já que há vários lotes de um mesmo produto sendo produzidos. A coluna “Unidade” contém a unidade de medida do produto criado e a coluna “Quantidade” contém as quantidades geradas do produto.

ID	Nome	Unidade	Quantidade	Recursos	Processos	Índices
1	Placa	un	10,00	111;121;211;231	11;21	1
2	Placa	un	10,00	112;122;212;232	12;22	3
3	Placa	un	10,00	113;123;213;233	13;23	5
4	Placa	un	10,00	114;124;214;234	14;24	7

Tabela 3: Tabela de Produtos

Na fabricação de um produto há vários processos, logo a coluna “Processos” contém os número de identificação dos processos que fazem parte de sua produção e a coluna “Recursos” contém os números dos recursos utilizados nos processos. Na Tabela 3, por exemplo, consta que para produzir 10 unidades do produto “Placa” de ID igual a “1”, que passou pelos processos de IDs iguais a “11” (Processo A) e “21” (Processo B), foram utilizados os recursos de IDs iguais a “111” (0,53 kWh de Energia), “121” (8,11kg de Recurso A), “211” (1,05 kWh de energia) e “231” (10 unidades de Recurso B).

A coluna “Índices” consiste nos números de identificação de índices de sustentabilidade, para caso o produto tenha algum índice associado a sua produção. Por exemplo, na Tabela 3 o produto “Placa” de ID igual a “1” está associado ao índice de sustentabilidade de ID igual a “1”.

Tabela de Índices

A Tabela 4 mostra a tabela de índices de sustentabilidade. Esta consiste em quatro colunas com as informações dos índices que estão associados a algum lote de produto, processo ou recurso. A primeira coluna “ID” consiste em um número inteiro único utilizado para identificação de um índice. A coluna “Nome” consiste no nome do índice, podendo se repetir. A coluna “Recurso” contém os recursos utilizados nos cálculos do índices, e a coluna “Calculos” contém os cálculos a serem feitos com os recursos.

ID	Nome	Recursos	Calculos
1	Energia Comparativo	111;211	(r1+r2)/2
2	Recurso A Comparativo	121	(r1)/8
3	Energia Comparativo	112;212	(r1+r2)/2
4	Recurso A Comparativo	122	(r1)/8

Tabela 4: Tabela de Índices

Por exemplo, na Tabela 4, o índice “Energia Comparativo” de ID igual a “1” pega os recursos de IDs iguais a “111” (0,53 kWh de Energia) e “211” (1,05 kWh de energia), soma suas quantidades e divide por dois. *

4.2 Interface

A interface do usuário com o programa foi desenvolvida com base nos diagramas UML descritos na Metodologia. De acordo com o Diagrama de Casos de Uso (Figura 1) o usuário tem acesso a 4 casos de usos iniciais: “Consultar Produtos”, “Consultar Recursos”, “Consultar Índices”, “Consultar Processos”. Dentro destes ainda

poderá realizar as atividades de “Inserir”, “Alterar”, “Excluir” e “Consultar Sustentabilidade”.

Desta forma, primeiramente o usuário depara-se com uma janela com um menu e tem a opção de escolher com qual tipo de item vai interagir: produto, recurso, índice ou processo. Como mostra a Figura 14.

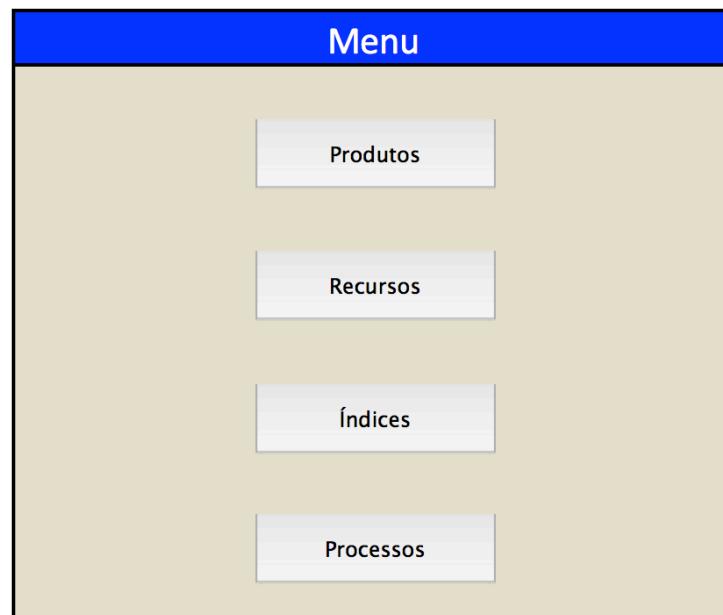


Figura 14: Tela do Menu

Consultar Produtos

Ao selecionar “Produtos” no menu, o usuário se depara com a tela de Produtos (Figura 15). Esta mostra todos os produtos presentes na tabela de produtos e lhe oferece a opção de inserir, alterar e excluir produtos existentes, por meio dos botões “Inserir”, “Alterar” e “Excluir” respectivamente, como também consultar sua sustentabilidade por meio do Botão “Sustentabilidade”. O usuário pode também retornar ao menu através do botão “Voltar”.

Produtos							
Inserir		Alterar		Excluir		Sustentabilidade	Voltar
ID	Nome	Unidade	Quantidade	Recursos	Processos	Índices	
1	Placa	un	10	111;121;211;231	11;21		1
2	Placa	un	10	112;122;212;232	12;22		3
3	Placa	un	10	113;123;213;233	13;23		5
4	Placa	un	10	114;124;214;234	14;24		7

Figura 15: Tela de Produtos

Inserir

Ao selecionar “Inserir” na tela de Produtos (Figura 15), o usuário se depara com a tela de Inserir Produtos (Figura 16). Nesta tela o usuário pode preencher a tabela com os produtos que deseja inserir e suas informações e clicar no botão “Inserir” para inserí-los na base. Pode também clicar no botão “Cancelar” para voltar para a tela de Produtos.

Inserir Produtos							
Inserir							Cancelar
ID	Nome	Unidade	Quantidade	Recursos	Processos	Índices	

Figura 16: Tela de Inserir Produtos

Uma vez inseridos os itens na tabela aparecerá uma mensagem perguntando se o usuário deseja inserir mais produtos (Figura 17). Se o usuário clicar no botão “Sim” retornará para a tela de Inserir Produtos, e no botão “Não” retornará a tela de Produtos (Figura 15).

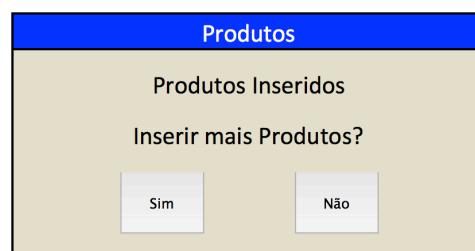


Figura 17: Mensagem de Inserir

Alterar

Ao selecionar os produtos que deseja alterar e clicar no botão “Alterar” na tela de Produtos (Figura 15), o usuário se depara com a tela de Alterar Produtos (Figura 18). Nesta tela o usuário pode alterar os dados da tabela com as informações que deseja e clicar no botão “Alterar” para alterar a base. Pode também clicar no botão “Cancelar” para voltar para a tela de Produtos.

Alterar Produtos						
Alterar		Cancelar				
ID	Nome	Unidade	Quantidade	Recursos	Processos	Indices
2	Placa	un		10 112;122;212;232	12;22	3
3	Placa	un		10 113;123;213;233	13;23	5

Figura 18: Tela de Alterar Produtos

Uma vez alterados os itens na base aparecerá uma mensagem de Ok (Figura 19). Ao clicar no botão “Ok” o usuário retornará para a tela de Produtos (Figura 15).



Figura 19: Mensagem de Produtos Alterados

Excluir

Ao selecionar o produto que deseja excluir e clicar no botão “Excluir” na tela de Produtos (Figura 15), o usuário se depara com a mensagem de confirmação perguntando se deseja realmente prosseguir com a exclusão. Por exemplo, na Figura 20, o usuário selecionou o produto de ID igual a “3” para ser excluído. Se o usuário clicar no botão “Cancelar” retornará a tela de Produtos (Figura 15).

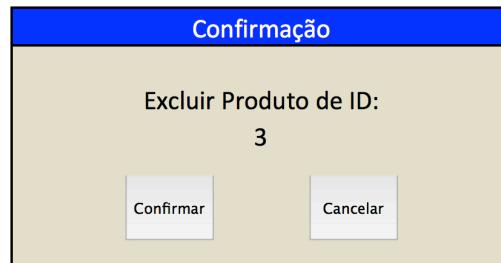


Figura 20: Mensagem de Confirmação

Ao clicar no botão “Confirmar” o produto será excluído e aparecerá a tela de Ok (Figura 21). Ao clicar no botão “Ok” o usuário retornará a tela de Produtos (Figura 15).



Figura 21: Mensagem de Produto Excluído

Consultar Sustentabilidade

Ao selecionar o produto que deseja consultar e clicar no botão “Sustentabilidade” na tela de Produtos (Figura 15), o usuário se depara com tela de Sustentabilidade do Produto (Figura 22). O usuário pode retornar à tela de Produtos (Figura 15) por meio do botão “Voltar”.

Sustentabilidade do Produto			
Nome do Produto:	Placa		Voltar
ID:	1		
Quantidade Produzida:	10 un	Placa	
Processos:	Processo A	0,53 kWh 8,11 kg	Agua Recurso A
	Processo B	1,06 kWh 10 un	Energia Recurso B
Índices:	Energia Comparativo	79%	

Figura 22: Tela de Sustentabilidade do Produto

Na Figura 22, por exemplo, foi selecionado o produto de nome “Placa” de ID igual a “1”. Foram produzidas 10 unidades, passando pelo Processo A e pelo Processo B. No Processo A foram utilizados 0,53kWh de energia e 8,11 kg de Recurso A. No Processo B foram utilizados 1,06 kWh de Energia e 10 unidades do Recurso B. Associado ao produto está o índice Energia Comparativo no valor de 79%.

Consultar Recursos, Processo e Índices

Ao selecionar “Recursos”, “Processos” ou “Índices” no menu, o usuário se deparará com as telas de recursos, processo ou índices respectivamente. Estas são similares a tela de Produtos (Figura 19), e desempenham as atividades de inserir, excluir, alterar e consultar sustentabilidade com a mesma lógica, porém interagindo com as tabelas de recursos, processos ou índices ao invés da tabela de produtos.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

Para comprovar o atendimento dos requisitos descritos na Metodologia foi feita a validação do projeto por meio de testes numa simulação de uma linha de produção industrial para a manufatura do item hipotético “Produto A”.

5.1 Simulação

As estapas da produção estão dispostas no fluxograma na Figura 23

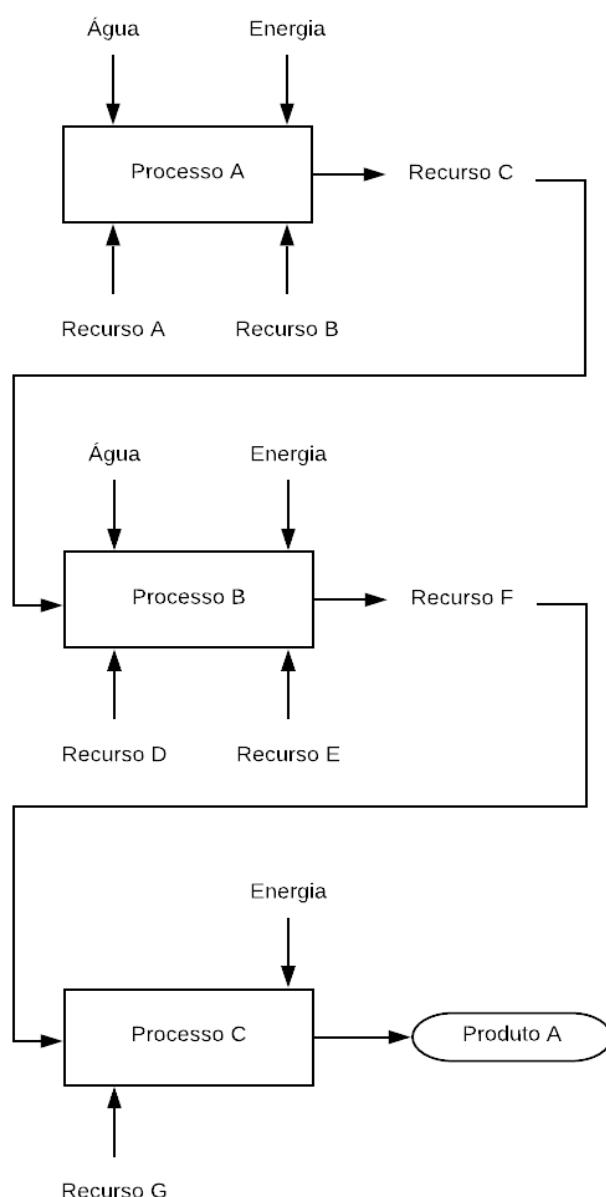


Figura 23: Fluxograma da Produção

Primeiramente, é feito o “Processo A”, o qual requer os recursos “Água”, “Energia”, “Recurso A” e “Recurso B”, resultando no recurso “Recurso C”. Em seguida, é feito o “Processo B”, o qual requer os recursos “Água”, “Energia”, “Recurso C”, “Recurso D” e “Recurso E”, resultando no recurso “Recurso F”. Finalmente, é feito o “Processo C”, o qual requer os recursos “Recurso F”, “Energia” e “Recurso D”, resultando no produto final “Produto A”

Para realizar o monitoramento dos recursos consumidos durante a produção são dispostos sensores nas entradas dos recursos conforme a Figura 24.

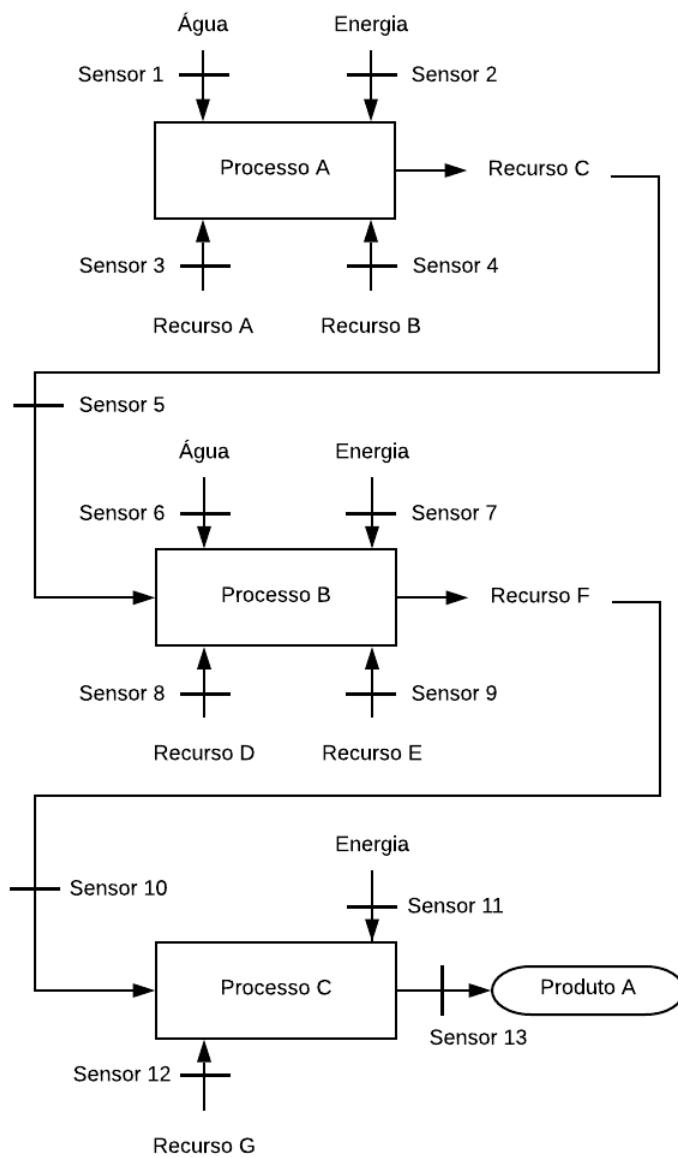


Figura 24: Fluxograma com Sensores da Produção

Conforme são realizados os processos e os recursos são consumidos, os sensores medem a entrada de recursos de acordo com a Figura 25. Cada coluna representa o que foi usado em uma leva de produto “Produto A”.

Processo A				
Sensor 1 (Água):	1007,31	1021,63	1039,93	1034,16
Sensor 2 (Energia):	14,83	15,74	17,67	15,04
Sensor 3 (Recurso A):	8,13	8,13	8,02	8,18
Sensor 4 (Recurso B):	7,03	7,10	7,09	7,02
Sensor 5 (Recurso C):	15	15	15	15
Processo B				
Sensor 6 (Água):	313,18	310,84	323,49	323,87
Sensor 7 (Energia):	29,87	28,26	27,31	29,30
Sensor 8 (Recurso D):	3,03	3,03	3,04	3,03
Sensor 9 (Recurso E):	4	4	4	4
Sensor 10 (Recurso F):	18	18	18	18
Processo C				
Sensor 11 (Energia):	6,65	6,73	6,85	6,92
Sensor 12 (Recurso G)	20	20	20	20
Sensor 13 (Produto A)	20	20	20	20

Figura 25: Dados Colhidos pelos Sensores

Ao mesmo tempo são atribuídos números de identificação aos dados coletados e também feitas as relações entre produtos, processos, recursos e índices. Em seguida, os dados são inseridos para suas respectivas tabelas.

A Tabela 5 mostra os dados coletados inseridos na tabela de produtos. A lógica dos números de identificação utilizados para os produtos foi atribuir um número no formato “AXXX”, onde “A” é o código do produto e “XXX” é o número do lote.

ID	Nome	Unidade	Quantidade	Recursos	Processos	Índices
1025	Produto A	un	20	111025;112025;113025;114025; 125025;121025;122025;126025; 127025;138025;131025;139025	11025;12025;13025	11025;12025;13025;14025
1024	Produto A	un	20	111024;112024;113024;114024; 125024;121024;122024;126024; 127024;138024;131024;139024	11024;12024;13024	11024;12024;13024;14024
1023	Produto A	un	20	111023;112023;113023;114023; 125023;121023;122023;126023; 127023;138023;131023;139023	11023;12023;13023	11023;12023;13023;14023
1022	Produto A	un	20	111022;112022;113022;114022; 125022;121022;122022;126022; 127022;138022;131022;139022	11022;12022;13022	11022;12022;13022;14022

Tabela 5: Tabela de Produtos

A tabela 6 mostra os dados coletados dentro da tabela de processos. A lógica dos números de identificação utilizados para os processos foi atribuir um número no formato “ABXXX”, onde “A” é o código do produto associado, “B” é o código do processo e “XXX” é o número do lote do produto associado.

ID	Nome	Recursos Utilizados	Recursos Produzidos	Produtos Associado	Índices
11025	Processo A	111025;112025;113025;114025	125025	1025	
12025	Processo B	125025;121025;122025;126025;127025	138025	1025	
13025	Processo C	138025;131025;139025		1025	
11024	Processo A	111024;112024;113024;114024	125024	1024	
12024	Processo B	125024;121024;122024;126024;127024	138024	1024	
13024	Processo C	138024;131024;139024		1024	
11023	Processo A	111023;112023;113023;114023	125023	1023	
12023	Processo B	125023;121023;122023;126023;127023	138023	1023	
13023	Processo C	138023;131023;139023		1023	
11022	Processo A	111022;112022;113022;114022	125022	1022	
12022	Processo B	125022;121022;122022;126022;127022	138022	1022	
13022	Processo C	138022;131022;139022		1022	

Tabela 6: Tabela de Processos

A Tabela 7 mostra os dados coletados inseridos na tabela de recursos. A lógica dos números de identificação utilizados para os recursos foi atribuir um número no formato “ABCXXX”, onde “A” é o código do produto associado, “B” é o código do processo associado e “C” é o código do recurso e “XXX” é o número do lote do produto associado.

ID	Nome	Unidade	Quantidade	Recursos	Processos	Índices
111025	Agua	L	1007,31			
112025	Energia	kWh	14,83			
113025	Recurso A	kg	8,13			
114025	Recurso B	kg	7,03			
125025	Recurso C	un	15,00	111025;112025;113025; 114025	11025	
121025	Aqua	L	313,18			
122025	Energia	kWh	29,87			
126025	Recurso D	L	3,03			
127025	Recurso E	un	4,00			
138025	Recurso F	un	18,00	111025;112025;113025; 114025;125025;121025; 122025;126025;127025	11025;12025	
131025	Energia	kWh	6,65			
139025	Recurso G	un	20,00			
111024	Aqua	L	1021,63			
112024	Energia	kWh	15,74			
113024	Recurso A	kg	8,13			
114024	Recurso B	kg	7,10			
125024	Recurso C	un	15,00	111024;112024;113024; 114024	11024	
121024	Aqua	L	310,84			
122024	Energia	kWh	28,26			
126024	Recurso D	L	3,03			
127024	Recurso E	un	4,00			
138024	Recurso F	un	18,00	111024;112024;113024; 114024;125024;121024; 122024;126024;127024	11024;12024	
131024	Energia	kWh	6,73			
139024	Recurso G	un	20,00			

Tabela 7: Tabela de Recursos

A Tabela 8 mostra os dados coletados inseridos na tabela de índices. A lógica dos números de identificação utilizados para os recursos foi atribuir um número no formato “ADXXX”, onde “A” é o código do produto associado, “D” é o código do índice e “XXX” é o número do lote do produto associado.

ID	Nome	Recursos	Calculos
11025	Água Comparativo	111025;121025	$(r1+r2)/1200$
12025	Energia Comparativo	112025;122025;131025	$(r1+r2+r3)/70$
13025	Recurso D Comparativo	126025	$(r1)/4$
14025	Impacto Ambiental	111025;121025;112025;122025;131025;126025	$((r1+r2)/1200+(r3+r4+r5)/70+2*(r6)/4)/4$
11024	Água Comparativo	111024;121024	$(r1+r2)/1200$
12024	Energia Comparativo	112024;122024;131024	$(r1+r2+r3)/70$
13024	Recurso D Comparativo	126024	$(r1)/4$
14024	Impacto Ambiental	111024;121024;112024;122024;131024;126024	$((r1+r2)/1200+(r3+r4+r5)/70+2*(r6)/4)/4$
11023	Água Comparativo	111023;121023	$(r1+r2)/1200$
12023	Energia Comparativo	112023;122023;131023	$(r1+r2+r3)/70$
13023	Recurso D Comparativo	126023	$(r1)/4$
14023	Impacto Ambiental	111023;121023;112023;122023;131023;126023	$((r1+r2)/1200+(r3+r4+r5)/70+2*(r6)/4)/4$
11022	Água Comparativo	111022;121022	$(r1+r2)/1200$
12022	Energia Comparativo	112022;122022;131022	$(r1+r2+r3)/70$
13022	Recurso D Comparativo	126022	$(r1)/4$
14022	Impacto Ambiental	111022;121022;112022;122022;131022;126022	$((r1+r2)/1200+(r3+r4+r5)/70+2*(r6)/4)/4$

Tabela 8: Tabela de Índices

5.2 Análise

Para concluir a validação do projeto é feita a consulta de sustentabilidade de alguns protudos. Na Figura 26, observa-se a tela de consulta de sustentabilidade do lote do produto “Produto A” de ID igual a “1025”.

Pode-se ver o que foi utilizado em cada processo para produzir 20 unidades de produto A. No processo A, foram utilizados 1007,31 L de água, 14,83 KWh de energia, 8,13kg de recurso A e 7,03 kg de recurso B. No processo B, foram utilizados 15 unidades de recurso C, 313,18 L de água, 29,87 KWh de energia, 3,03L de recurso D e 4 unidades de recurso E. No processo C, foram utilizados 18 unidades de recurso F, 6,65 kWh de energia e 20 unidades de recurso G.

Sustentabilidade do Produto			
Nome do Produto: ID:		Produto A 1025	
Quantidade Produzida:		20 un	Produto A
Processos:	Processo A	1007,31 L 14,83 kWh 8,13 kg 7,03 kg	Água Energia Recurso A Recurso B
	Processo B	15 un 313,18 L 29,87 kWh 3,03 L 4 un	Recurso C Água Energia Recurso D Recurso E
	Processo C	18 un 6,65 kWh 20 un	Recurso F Energia Recurso G
Índices	Água Comparativo Energia Comparativo Recurso D Comparativo Impacto Ambiental	110% 73% 76% 84%	

Figura 26: Tela de Sustentabilidade do Produto “1025”

Também observa-se os índices hipotéticos que foram criados para analisar a sustentabilidade do produto. O índice “Recurso D” pega toda a quantidade de “Recurso D” utilizada nos processos e compara com a média industrial do tipo de produto. Desta forma, supondo que o “Recurso D” seja um poluente, pode-se analizar o impacto do produto “Produto A” no meio ambiente em relação a outros métodos de produção que produzem o mesmo produto”. No caso do lote da Figura 26 observa-se o índice

“Recurso D Comparativo” no valor de 76%, ou seja, neste lote usou-se 24% a menos de “Recurso D” do que a média do setor industrial.

De maneira semelhante, os índices “Água Comparativo” e “Energia Comparativo” pegam toda a quantidade de água e energia, respectivamente, e comparam com as médias industriais. Pode-se ver então na Figura 26 que foi utilizado 10% a mais de água, porém 27% a menos de energia do que a média.

O último índice “Impacto Ambiental” faz uma média ponderada dos três recursos destacados dando maior peso para o poluente “Recurso D”. Desta forma, mesmo utilizando mais água que a média, por ter utilizado menos energia e “Recurso D”, o lote da Figura 26 obteve um índice de impacto ambiental no valor de 84%, isto é, 16% menor impacto que a média.

Na Figura 27, observa-se o lote de “Placa A” de ID igual a “1023”. Percebe-se que foi utilizado um pouco mais de água (Água Comparativo = 114%) e de energia (Energia Comparativo = 74%) em relação ao lote da Figura 26. Logo, seu impacto ambiental foi levemente maior, no valor de 85%.

Sustentabilidade do Produto			
Nome do Produto: ID:		Voltar	
Quantidade Produzida:	20 un	Produto A	
Processos:			
Processo A	1039,93 L 17,67 kWh 8,02 kg 7,09 kg	Aqua Energia Recurso A Recurso B	
Processo B	15 un 323,49 L 27,31 kWh 3,04 L 4 un	Recurso C Aqua Energia Recurso D Recurso E	
Processo C	18 un 6,85 kWh 20 un	Recurso F Energia Recurso G	
Índices	Água Comparativo Energia Comparativo Recurso D Comparativo Impacto Ambiental	114% 74% 76% 85%	

Figura 27: Tela de Sustentabilidade do Produto “1023”

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou todas as etapas de implementação de um *software* de rastreamento de sustentabilidade, cujo objetivo é registrar todos os recursos que foram utilizados na manufatura de um determinado produto e a partir desses registros calcular índices para analisar o impacto ambiental do produto.

Realizou-se primeiramente uma detalhada pesquisa bibliográfica, com o objetivo de adquirir noções sobre os assuntos de sustentabilidade e Indústria 4.0. Na parte de Indústria 4.0, houve maior foco no tema de Internet das Coisas, assim foi possível observar que há amplas ferramentas capazes de realizar o monitoramento e medição dos recursos utilizados num determinado processo industrial.

Em seguida, efetuou-se a definição do projeto e se estabeleceu a metodologia que foi adotada para seu desenvolvimento. As etapas previstas foram a modelagem do sistema por meio de diagramas UML (casos de uso e diagramas de atividades, de classes e de sequências) e a estrutura em forma de camadas (camada das coisas, de percepção, de rede, de serviço e de interface).

Desta forma foram criados os diagramas UML que serviram de guia para o desenvolvimento da interface com o usuário do projeto. A etapa seguinte referiu-se à implementação propriamente dita do *software*. Foram desenvolvidos tabelas para cada tipo de item (produto, processo, recurso e índice), as quais podem ser alteradas por meio do próprio sistema inserindo dados conforme o monitoramento dos recursos sendo utilizados em tempo real. As tabelas também podem ser alteradas através da interface que foi criada para o usuário interagir com o programa. Nesta interface, foi desenvolvida também a consulta dos índices de sustentabilidade relacionados ao produto, processo ou recurso.

A validação dos objetivos ocorreu a partir de testes conduzidos com o *software* em cima de uma simulação de uma produção industrial hipotética. Os requisitos definidos na metodologia de registrar os dados, de calcular os índices e de visualizar e alterar os dados foram cumpridos nos testes. Conforme foram produzidas informações dos recursos monitorados na simulação, foi possível consultá-las nas tabelas e visualizar e analisar os índices de sustentabilidade associados à produção.

6.1 Futuras Melhorias

Embora o *software* se tenha provado funcional quando testado em uma simulação representa apenas um primeiro passo em direção a um solução que possa ser utilizada num ambiente industrial verdadeiro, há vários desafios que precisam ser vencidos.

Primeiramente obter-se as informações de recursos advindos de terceiros. Dificilmente uma indústria é responsável por todas as etapas e processos envolvidos na manufatura de um certo produto final. Ao comprar uma matéria-prima de um fornecedor seria necessário que o fornecedor também fizesse o monitoramento e registro de todos os recursos que estiveram envolvidos na concepção do recurso em questão. Caso contrário, já teria uma falha nas informações necessárias para mapear o impacto ambiental do produto desde seu início.

De maneira semelhante, mesmo o fornecedor realizando o monitoramento, necessária do sistema utilizado ser compatível com o sistema do comprador. Desta forma, as informações de uma base poderiam migrar perfeitamente para a outra. Isto prova-se um desafio, já que para manufatura de um único produto diversos níveis de fornecedores podem estar envolvidos.

Finalmente, ainda há a questão dos próprios índices a serem utilizados. Determinar quais os recursos relevantes para medir o impacto ambiental e criar um índice confiável para medir esse impacto é uma tarefa complexa. Na simulação foram utilizados índices hipotéticos de médias industriais, porém atingir coisa semelhante no ambiente real pode-se provar difícil.

Referências Bibliográficas

Ahmed, Z.; Golam, M.; Uddin, M.; Kabir, H.; Hoque, J. **Internet of Things Based Patient Health Monitoring System Using Wearable Biomedical Device** International Conference on Innovation in Engineering and Technology (ICIET), 2018

Akyildiz, I.F.; Su, W.; Sankarasubramaniam, Y.; Cayirci, E. **Wireless sensor networks: a survey** Computer Networks, 2002

Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G. **The Internet of Things: A survey** Computer vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010

Chen, S.; Chen, Y.; Hsu, C. **A New Approach to Integrate Internet-of-Things and Software-as-a-Service Model for Logistic Systems: A Case Study** Sensors, 2014

Connected Living **Understanding the Internet of Things (IoT)**, 2014

De Deugd, S.; Carroll, R.; Kelly, K.; Millett, B.; Ricker, J. **SODA: service oriented device architecture** IEEE Pervasive Computing, 2006

Gaikwad, P.P.; Gabhane, J.P.; Golait, S.S. **A Survey based on Smart Homes System Using Internet-of-Thing** Priyadarshini College of Engineering, 2015

Gia1, T.N; Jiang, M.; Rahmani, A; Westerlund, T.; Liljeberg, P.; Tenhunen, H. **Fog Computing in Healthcare Internet of Things: A Case Study on ECG Feature Extraction** 2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology, 2015

Guinard, D.; Trifa, V.; Karnouskos, S.; Spiess, P.; Savio, D. **Interacting with the soa-based internet of things: Discovery, query, selection, and ondemand provisioning of web services** IEEE Trans. Serv. Comput., vol. 3, no. 3, pp. 223–235, Jul./Sep. 2010

Ivestopedia. **Sustainability** <https://www.investopedia.com/terms/s/sustainability.asp>
Acesso em 10/03/2020

ITU work on Internet of things. **ICTP workshop**, 2015

Javed, B.; Iqbal, M.; Abbas, H. **Internet of Things (IoT) Design Considerations for Developers and Manufacturers** International Workshop on Smart Communication Protocols and Algorithms (SCPA), 2017

Jules, A. **RFID security and privacy: a research survey** IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2006

Kortuem, G.; Kawsar, F.; Sundramoorthy, V.; Fitton, D. **Smart objects as building blocks for the internet of things** University of Salford Manchester, 2009

Kranenburg, R.V. **The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-Seeing Network of RFID**, Institute of Network Cultures, 2008

Liu, X.; Yang, T.; Yan, B. **Internet of Things for Wildlife Monitoring** IEEE/CIC International Conference on Communications in China, 2015

Lodewijks, G.; Veeke, H.M.P.; Lopez de la Cruz, A.M. **Reliability of RFID in logistic systems** Proceedings of the IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, Shanghai, China, 2006

Mumtaz, S.; Alsohaily, A.; Pang, Z.; Rayes, A.; Tsang, K.; Rodriguez, J. **Massive Internet of Things for Industrial Applications** IEEE industrial electronics magazine, 2017

Networked Enterprise & RFID & Micro & Nanosystems **Proceedings of Co-operation with the Working Group RFID of the ETP EPOSS, Internet of Things in 2020, Roadmap for the Future**, 2008

Pasley, J. **How BPEL and SOA are changing web services development**, IEEE Internet Computing, 2005

Patil, V.; Thakur, S.S.; Kshirsagar, V. **Health Monitoring System using Internet of Things** Proceedings of the Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), 2018

Paul, P.; Saraswathi, R. **The Internet of Things – A Comprehensive Survey** International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), 2017

Peña, M.; Rodriguez-Andina, J.; Manic, M. **The Internet of Things The Role of Reconfigurable Platforms** Ieee Industrial Electronics Magazine, September 2017

Ray, P.P **A survey on Internet of Things architectures** Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences 30, 291–319, 2018

Santos, B.P.; Silva, L.; Celes, C.; Neto, J.; Peres, B.; Vieira, M.; Vieira, L.; Goussevskaia, O.; Loureiro, A. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática** Departamento de Ciência da Computação Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2016

Satyavolu, P; Setlur, B.; Thomas, P.; Iye, G. **Designing for Manufacturing's 'Internet of Things'**, 2014

Shu, S.; Tang, M.; Yang, M.; Wei, N. **The vital signs real-time monitoring system based on Internet of things** 4th International Conference on Information Science and Control Engineering, 2017

Srivastava, L. **Pervasive, ambient, ubiquitous: the magic of radio.** Proceedings of European Commission Conference From RFID to the Internet of Things, Bruxelles, Belgium, 2006

Tyagi, V.; Kumar, A. **Internet of Things and Social Networks: A survey** International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), 2017

UML. Unified Modeling Language (UML). <http://www.uml.org>. Acesso em 12/06/2019.

Vermesan, O.; Friess, P. **Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems** River Publishers Series In Communications, 2013

Vijayalakshmi, S.R.; Muruganand, S. **A survey of Internet of Things in fire detection and fire industries** Department of Electronics and Instrumentation, Bharathiar University, 2017

Walker, J.; Mendelsohn, T.; Overby, C.S. **Vendors Race To Fill A New Void: RFID Middleware. TechStrategy Research Brief** Forrester Research, Inc.: Cambridge, MA, USA, 26 January, 2004

Wang, Y.; Song, J.; Liu, X.; Jiang, S.; Liu, Y. **Plantation Monitoring System Based on Internet of Things** IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing, 2013

Windarto, Y.E.; Eridan, D. **Door And Light Control Prototype Using Intel Galileo Based Internet of Things** Diponegoro University, 2017

Xu, L.; He, W.; Li, S. **Internet of Things in Industries: A Survey** Ieee Transactions On Industrial Informatics, Vol. 10, No. 4, November, 2014