

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
Pós-graduação *Lato Sensu* em Arquitetura de Software Distribuído

Guilherme Nunes Fontans

SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA EMPRESAS DE MINERAÇÃO

Porto Alegre

2020

Guilherme Nunes Fontans

SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA EMPRESAS DE MINERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização
em Arquitetura de Software Distribuído como
requisito parcial à obtenção do título de especialista.

Orientador(a): Prof. Pedro Alves de Oliveira

Porto Alegre

2020

A “dedicatória” é opcional.

Se quiser, pode escrevê-la sobre este texto.

*Se não, basta apagar o conteúdo desta página. (Formatação: fonte
Arial 12, com alinhamento à direita, espaçamento de 1,5 e itálico
opcional.)*

AGRADECIMENTOS

O texto de “agradecimentos” é opcional. Se quiser, pode escrevê-lo sobre este texto. Se não, basta apagar o conteúdo desta página. (Formatação: fonte Arial 12, texto justificado, com espaçamento de 1,5.)

RESUMO

Nos últimos anos o Brasil e o mundo viu nos noticiários os acidentes ocorridos no rompimento de barragens pertencentes a empresas de mineração, sendo a maioria das vítimas pessoas das cidades de Mariana e Brumadinho, no qual veio a ocorrer rompimentos das barragens e vindo a deixar inúmeras vítimas fatais e milhares de pessoas desabrigadas. Tal catástrofe poderia ter sido evitada se houvesse um controle melhor das atividades minerárias dessas regiões, tanto pelas empresas mineradoras, quanto da Agência Nacional de Mineração do Brasil. E com base nessa necessidade foi criado esse projeto arquitetural, para que seja apresentado uma plataforma que seja capaz de auxiliar nos principais processos dessas empresas, e também auxiliar no monitoramento das barragens através de sensores para que possa ser tomado alguma ação preventiva caso seja encontrado alguma possível anomalia.

Palavras-chave: arquitetura de software, projeto de software, requisitos arquiteturais.

SUMÁRIO

1. Objetivos do trabalho	7
2. Descrição geral da solução	7
2.1. Apresentação do problema	7
2.2. Descrição geral do software (Escopo)	8
3. Definição conceitual da solução	9
3.1. Requisitos Funcionais	9
3.2 Requisitos Não-Funcionais	11
3.3. Restrições Arquiteturais	16
3.4. Mecanismos Arquiteturais	17
4. Modelagem e projeto arquitetural	18
4.1. Modelo de componentes	25
4.2. Modelo de implantação	27
4.3. Modelo de dados (opcional)	28
5. Prova de conceito / protótipo arquitetural	29
5.1. Implementação e implantação	29
5.2. Interfaces/ APIs	30
6. Avaliação da Arquitetura	30
6.1. Análise das abordagens arquiteturais	30
6.2. Cenários	30
6.3. Avaliação	30
6.4. Resultado	31
7. Conclusão	31
REFERÊNCIAS	32
APÊNDICES	33
CHECKLIST PARA VALIDAÇÃO DOS ITENS E ARTEFATOS DO TRABALHO..	34

1. Objetivos do trabalho

O objetivo deste trabalho é apresentar a descrição do projeto arquitetural de uma aplicação que auxiliará nos processos de negócio de empresas de mineração. Para que esse propósito seja alcançado, foi levantado o requisito de sete módulos necessários para contemplar todo o escopo de processos dessas empresas, no qual cada requisito dos módulos será detalhado nesse projeto.

Os objetivos específicos são:

- Criar módulo de cadastro de ativos, permitindo que seja possível o cadastro de insumos das empresas, podendo ser possível também agendar as manutenções preventivas dos equipamentos
- Criar módulo de monitoramento que receberá dados de sensores adicionados nas barragens para que se possa saber como está o status de cada barragem cadastrada, e também que possa receber dados manuais pelos técnicos que efetuam as aferições das barragens. Dependendo da criticidade das métricas recebidas, o sistema de monitoramento deverá comunicar-se com o sistema de segurança e comunicação.
- Criar módulo de segurança e comunicação, no qual poderá ser utilizado para emitir alertas aos afetados, podendo ser disparados manualmente por um operador ou quando outro módulo do sistema solicitar.

2. Descrição geral da solução

2.1. Apresentação do problema

Nos últimos anos, ocorreu no Brasil duas grandes tragédias devido ao rompimento de barragens utilizadas por empresas de mineração, uma das tragédias foi na cidade de Mariana em 2015, e a outra na cidade de Brumadinho em 2019, ambas no estado de Minas

Gerais. O rompimento dessas barragens veio a deixar centenas de mortos e milhares de pessoas desabrigadas, devido a destruição de suas casas pela lama trazida pelo rompimento.

Esses problemas ocorreram devido as empresas responsáveis não terem os controles necessários dos seus processos e acompanhamento de como estão os equipamentos utilizados durante todo o processo de mineração, e também pela Agência Nacional de Mineração do Brasil por não fiscalizar melhor essas empresas.

Com um maior controle, também seria possível amenizar tais tragédias, como prever possíveis rompimentos de barragens devido a análise do comportamento das mesmas, podendo assim evacuar as pessoas que moram em áreas de risco e de funcionários que trabalham no local.

2.2. Descrição geral do software (Escopo)

A aplicação trata-se de um conjunto de módulos, no qual cada um possui uma determinada função dentro do sistema em si, que tem por finalidade auxiliar nos processos das mineradoras e também do seu acompanhamento, como um módulo para geração de relatórios, um módulo para cadastro dos ativos da empresa e que também possa ser controlado as manutenções desses ativos, um módulo de segurança e comunicação entre outros.

Com a utilização dos módulos propostos neste projeto, poderá ser possível emitir alertas para as pessoas que estão em áreas de risco de uma barragem, prever algum possível incidente nessas barragens através dos monitoramentos feitos através de sensores, e também de controlar as manutenções dos equipamentos utilizados durante todo o processo de mineração, além também de possibilitar a integração com sistemas de normas ambientais para que garanta que os processos da empresa não estejam de maneira irregular perante o meio ambiente.

3. Definição conceitual da solução

3.1. Requisitos Funcionais

Módulo de cadastros de ativos

- O sistema deve permitir o cadastro de equipamentos utilizados durante o processo de mineração.
- O sistema deve permitir o cadastro dos minérios recolhidos.
- O sistema deve permitir o cadastro de barragens.
- O sistema deve permitir o cadastro de pessoas que estão trabalhando em barragens cadastradas.

Módulo de controle de processos minerários

- O sistema deve permitir que seja registrado paradas e problemas com a produção diária.
- O sistema deve ter integração com o sistema da Agencia Nacional de Mineração para fins de consultar o status dos processos abertos.
- O sistema deve permitir o controle das vistorias das barragens.
- O sistema deve permitir o controle dos incidentes ocorridos durante o processo de mineração.
- O sistema deve controlar todo o processo de lavra do minério, desde a extração até o beneficiamento.

Módulo de monitoramento de barragens

- O sistema deve comunicar-se com sistemas externos como os sistemas das Defesa Civil municipais e estaduais envolvidos.
- O sistema deve permitir que seja cadastrado sensores que serão monitorados.

- O sistema deve permitir que seja cadastrado tipos de incidentes.
- O sistema deve permitir que seja cadastrado aferições feitas pelos consultores contratados.
- O sistema deve manter o histórico de incidentes ocorridos.
- O sistema deve interpretar os incidentes ocorridos, e de acordo com o tipo de incidente, comunicar o módulo de segurança e comunicação para que os devidos alertas sejam emitidos.

Módulo de segurança e comunicação

- O sistema deve permitir que seja cadastrados áreas que deverão receber alertas quando for necessário.
- O sistema deve permitir que seja cadastrado os contatos das pessoas que estão nas áreas cadastradas.
- O sistema deve emitir alertas para as áreas que devem ser notificadas.

Módulo de inteligência do negocio

- O sistema deve analisar os dados históricos gerados pelo módulo de monitoramento e gerar simulações de possíveis incidentes usando progressão linear.
- O sistema deve analisar os processos minerários cadastrados e gerar dashboards para que possa auxiliar a gerencia na tomada de decisões.
- O sistema deve analisar os insumos cadastrados e gerar simulações de futuros equipamentos que deverão ser substituídos ou serem revisados para que possa auxiliar a gerência na tomada de decisões.

Módulo de compliance

- O sistema deve possuir acesso a sistemas externos para fins de manter alinhados as suas atividades de acordo com as normas nacionais e internacionais do setor minerário assim como aprimorar os controles de governança.
- O sistema deve controlar a segurança dos funcionários.

Módulo de relatórios de acompanhamento

- O sistema deve permitir que seja gerado relatórios dos incidentes ocorridos.
- O sistema deve permitir que seja gerado relatório por período com gráficos de acordo com as métricas recebidas pelos sensores.
- O sistema deve permitir que seja gerado relatório por período de cada fase do processo de mineração.

3.2 Requisitos Não-Funcionais

- Usabilidade – O sistema deve prover boa usabilidade.

Estímulo	Usuário cadastrando um insumo no sistema
Fonte de estímulo	Usuário acessando a funcionalidade de cadastro de ativos do sistema
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Módulo cadastro de ativos
Resposta	O frontend apresenta um layout simples e de navegação simples
Medida da resposta	Usuário consegue efetuar o cadastro do insumo em menos de cinco minutos

- Usabilidade – O sistema deve possuir interface responsiva, adequando o layout de acordo com o dispositivo que está sendo utilizado para o acesso.

Estímulo	Acesso ao sistema de um dispositivo móvel
Fonte de estímulo	Usuário acessando o sistema utilizando o seu celular
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Qualquer módulo do sistema
Resposta	A usabilidade do sistema deve permanecer igual tanto no computador quanto no dispositivo móvel
Medida da resposta	Usuário consegue efetuar as mesmas operações com a mesma facilidade tanto no computador quanto no celular

- Segurança – O sistema não deve permitir o acesso aos módulos sem o usuário estar logado.

Estímulo	Acesso a uma página protegida do sistema sem estar logado
Fonte de estímulo	Usuário
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Módulo de cadastro de ativos, módulo de controle de processos minerários, módulo de monitoramento de barragens, módulo de segurança e comunicação, módulo inteligência do negócio, módulo de compliance e módulo de relatórios de acompanhamento
Resposta	O sistema redireciona o usuário para a tela de login
Medida da resposta	O sistema não deve permitir que o usuário acesse alguma página desses módulos sem estar logado

- Manutenibilidade – O sistema deve ser fácil aplicar manutenções.

Estímulo	Ajuste em um módulo do sistema
Fonte de estímulo	Desenvolvedor aplicou um patch para corrigir um bug em dos módulos do sistema
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Qualquer módulo do sistema
Resposta	Após o código com a correção for para a branch master, o gitlab cria uma nova imagem deste módulo
Medida da resposta	Caso os testes tenham passado, é gerado uma nova imagem docker do módulo testado, pronto para ir para deploy sem afetar os demais módulos.

- Manutenibilidade – O sistema deve ser fácil de testar.

Estímulo	Teste automatizado dos módulos do sistema
Fonte de estímulo	Pipeline de integração continua
Ambiente	Desenvolvimento
Artefato	Qualquer módulo do sistema
Resposta	Execução dos testes unitários do módulo testado
Medida da resposta	Caso os testes tenham passado, é gerado uma nova imagem docker do módulo testado

- Disponibilidade – O sistema deve operar mesmo após um dos seus nodos ficar fora.

Estímulo	Shutdown em um dos nodos da aplicação
Fonte de estímulo	Administrador do servidor de aplicação

Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Gerenciador de cluster
Resposta	Usuários que estão utilizando o sistema permanecem utilizando o mesmo sem nenhuma interferência
Medida da resposta	Todas as solicitações que estavam sendo feitas pela instância que sofreu shutdown devem ser processadas por outra instância e devolver a resposta para o cliente.

- Interoperabilidade– O sistema não deve comunicar-se com sistemas externos através do uso de APIs.

Estímulo	Consulta a sistema externo de Gestão de Normas Ambientais
Fonte de estímulo	Sistema consultando dados de um sistema externo
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Módulo de controle de processos minerários, módulo de inteligência do negócio, módulo de compliance e módulo de relatórios de acompanhamento
Resposta	O sistema externo consultado retorna os dados solicitados
Medida da resposta	Comunicação com o sistema externo efetuado com sucesso

- Desempenho – O sistema deve ter alto desempenho no acesso aos dados.

Estímulo	Usuário abrindo uma tela do sistema que faz uso de dados armazenados em base de dados.
Fonte de estímulo	Usuário utilizando o sistema
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Módulo de cadastro de ativos, módulo de controle de processos minerários, módulo de monitoramento de barragens, módulo de segurança e comunicação, módulo inteligência do negócio, módulo de compliance e módulo de relatórios de acompanhamento
Resposta	Usuário recebe os dados normalmente no primeiro acesso e ao solicitar os mesmos dados as informações são trazidas mais rapidamente
Medida da resposta	O sistema cacheia por um minuto o resultado de uma requisição feita por um usuário, caso ele faça a mesma requisição as informações que ele irá receber irá vir do cache

- Interoperabilidade – Os sensores de monitoramento da barragem devem enviar os seus dados para o broker de comunicação.

Estímulo	Envio de dados dos sensores para o broker de comunicação.
Fonte de estímulo	Sensores de monitoramento das barragens
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Broker de comunicação
Resposta	O broker recebe os dados do sensor
Medida da resposta	Comunicação do sensor com o broker efetuado com sucesso

- Interoperabilidade – Os Módulo de monitoramento deve comunicar-se com o módulo de comunicação e segurança quando há a necessidade de enviar alertas.

Estímulo	Módulo de monitoramento identifica um possível risco de rompimento de barragem
Fonte de estímulo	Módulo de monitoramento
Ambiente	Produção, carga normal
Artefato	Modulo de comunicação e segurança
Resposta	O módulo de comunicação e segurança recebe os dados do modulo de monitoramento e cria uma mensagem na fila de notificação
Medida da resposta	Comunicação do módulo de monitoramento com o modulo de comunicação e segurança efetuado com sucesso.

3.3. Restrições Arquiteturais

- O sistema deve ser desenvolvido em módulos para facilitar a implantação.
- O sistema deve ser hospedado on-premise.
- O sistema deve ter sua arquitetura baseada em serviços.
- O sistema deve ter seu build feito através de integração continua.
- O sistema deve ter pipelines de teste em sua integração continua.
- O sistema deve possuir integrações com sistemas externos.
- O sistema deve possuir seus serviços acessados apenas pelas instancias que rodem o api gateway.
- O sistema deve possuir seu layout responsivo, para que possa ser utilizado com facilidade tanto em computadores como dispositivos moveis.

3.4. Mecanismos Arquiteturais

Mecanismo de análise	Mecanismo de design	Mecanismo de implementação
Integração entre outros módulos e/ou sistemas	Interfaces de comunicação entre os módulos utilizando JSON	APIs REST
Comunicação entre processos	Container web e aplicação	Docker
Frontend	Interface entre o usuário e a aplicação	React.js
Frontend	Dashboards com dados dos sensores	Kibana
Build	Ferramenta de build das imagens Docker	GitLab
ApiGateway	Camada intermediária entre o frontend e os serviços da aplicação	Node.js, Express.js
Segurança	Autenticação e Autorização	JWT
Persistência	Base de dados NOSQL para autenticação	Mongodb
Persistência	Base de dados NOSQL para persistência dos dados dos sensores	InfluxDB
Persistência	Banco de dados Relacional para uso do módulo de cadastro de ativos, módulo de controle de processos minerários, módulo de segurança e comunicação, módulo inteligência do negócio, módulo de compliance e módulo de relatórios de acompanhamento	MariaDB
Versionamento	Versionamento do código fonte da aplicação	Git
Alta disponibilidade	Balanceamento de carga das requisições para os serviços	Nginx
Cache	Ferramenta de cache	Redis

Broker Sensores	Ferramenta responsável por receber dados dos sensores	Mosquitto
-----------------	---	-----------

4. Modelagem e projeto arquitetural

Nesta seção são apresentados os diagramas que permitem entender a arquitetura da aplicação, detalhando-a suficientemente para viabilizar sua implementação.

4.1. Modelo de casos de uso

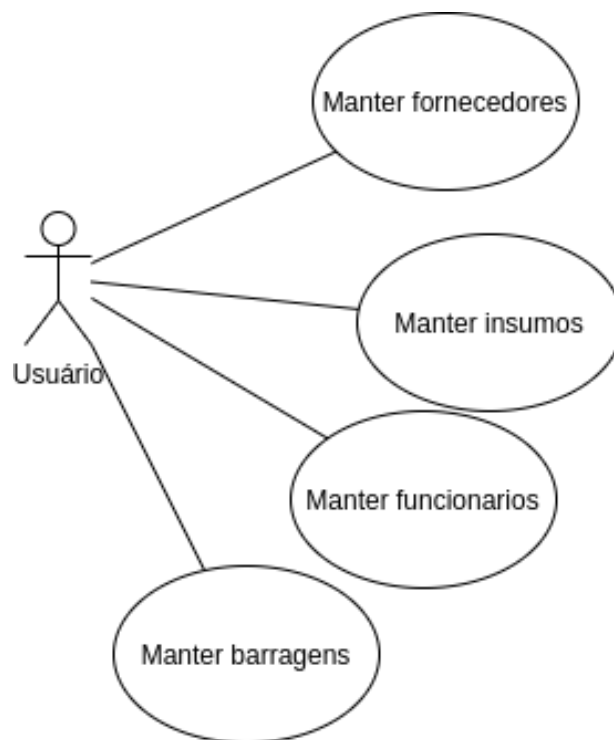


Figura 1 - Casos de uso do módulo de cadastro de ativos

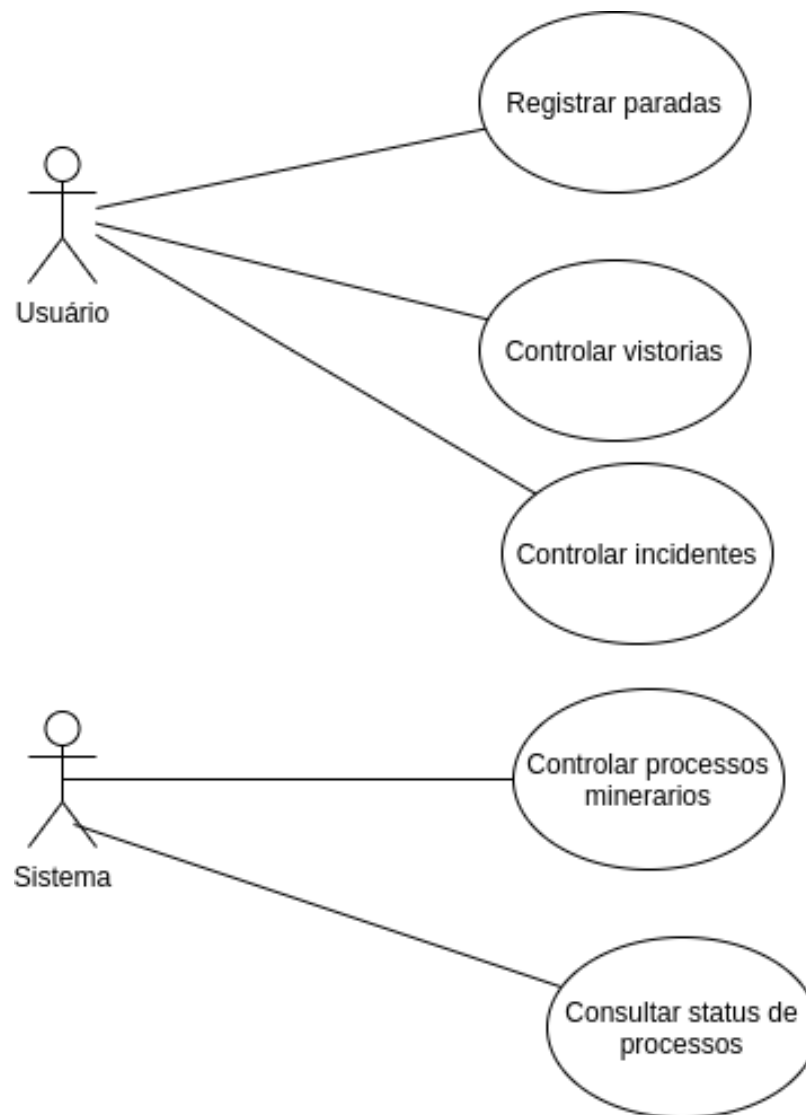


Figura 2 - Casos de uso do módulo de controle de processos minerários

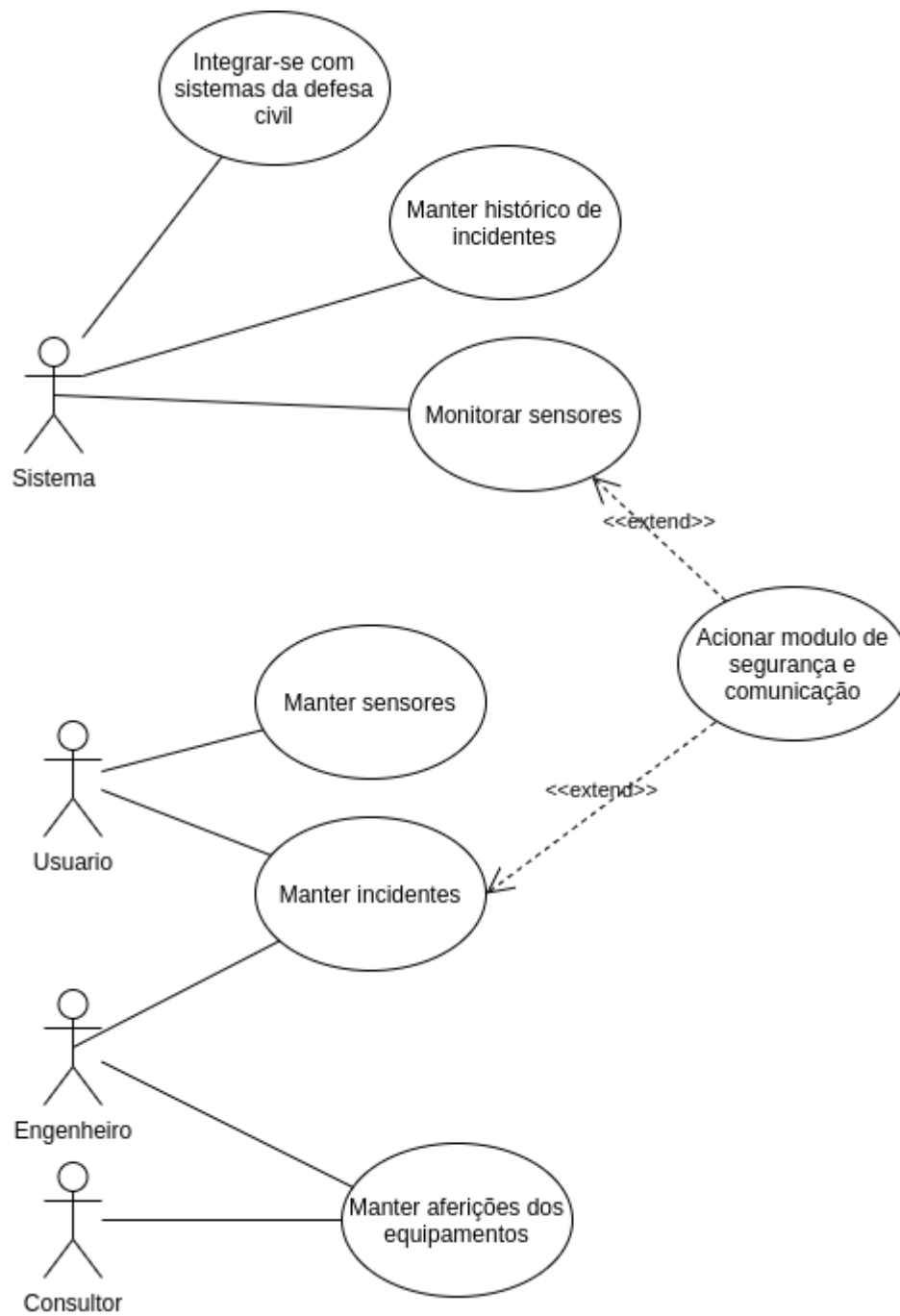


Figura 3 - Casos de uso do módulo de monitoramento

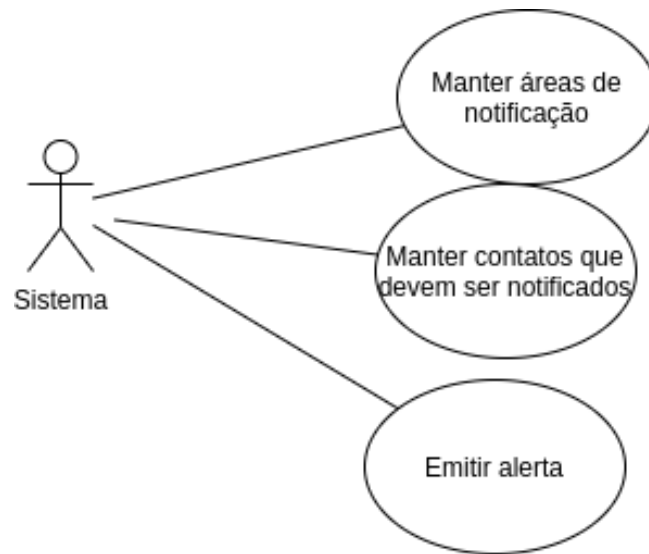


Figura 4 - Casos de uso do módulo de segurança e comunicação

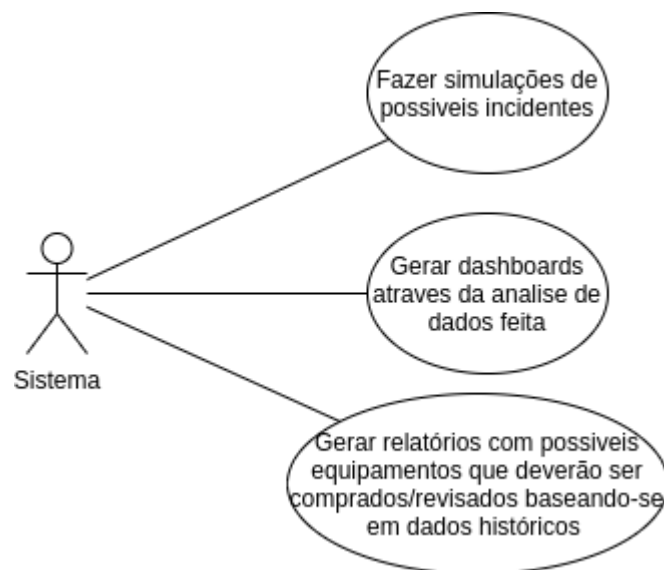


Figura 5 - Casos de uso do módulo de inteligência do negócio

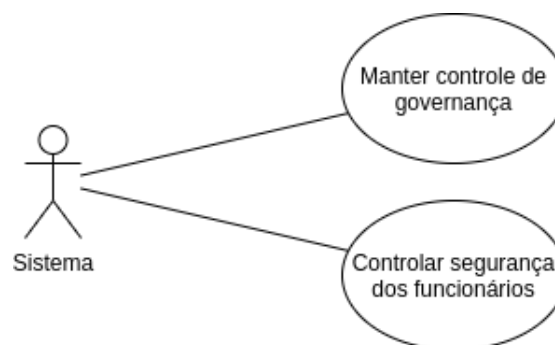


Figura 6 - Casos de uso do módulo de compliance

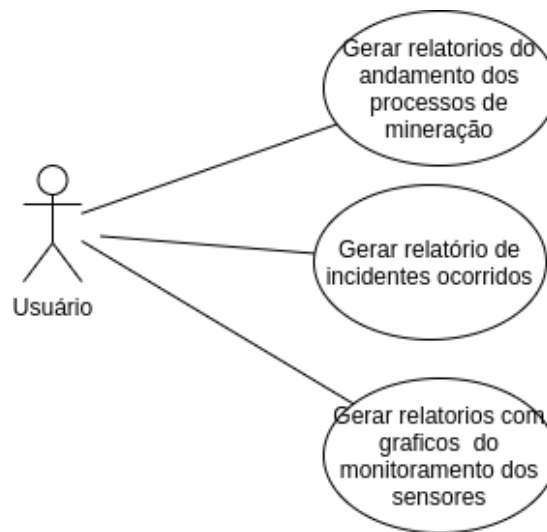


Figura 7 - Casos de uso do módulo de relatórios de acompanhamento

4.2. Descrição resumida dos casos de uso

- **Módulo de cadastro de ativos**

- Caso de uso: **Manter fornecedores**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao usuário visualizar, cadastrar, atualizar e excluir fornecedores.
- Caso de uso: **Manter insumos**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao usuário visualizar, cadastrar, atualizar e excluir os insumos da empresa, isso inclui também manter as vistorias desses insumos da empresa.
- Caso de uso: **Manter funcionários**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que ao usuário visualizar, cadastrar, atualizar e excluir funcionários.
- Caso de uso: **Manter barragens**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que ao usuário visualizar, cadastrar, atualizar e excluir as barragens em que a empresa está trabalhando.

- **Módulo de controle de processos minerários**

- Caso de uso: **Registrar parada**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao usuário registrar paradas que podem ocorrer no dia, podendo ser registrados por turno de trabalho.
- Caso de uso: **Controlar vistorias**

- Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o usuário faça a gestão das vistorias da empresa, desde a inclusão de uma nova vistoria até o encerramento da mesma.
 - Caso de uso: **Controlar incidentes**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao usuário registrar incidentes que podem ocorrer no dia, podendo ser registrados por turno de trabalho.
 - Caso de uso: **Controlar processos minerários**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite o controle dos processos de lavra da mineração, desde a extração até o beneficiamento.
 - Caso de uso: **Consultar status dos processos**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite a consulta dos processos abertos pela empresa via requerimento junto a Agência Nacional de Mineração.
- **Módulo de monitoramento**
 - Caso de uso: **Integrar-se com sistema da defesa civil**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o sistema também tenha acesso aos incidentes detectados pela defesa civil, e insira-os no sistema.
 - Caso de uso: **Manter histórico de incidentes**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que os dados dos incidentes possam ser vistos posteriormente.
 - Caso de uso: **Monitorar sensores**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que seja enviado dados dos sensores para o sistema, para que o sistema possa analisar o dado que recebeu e gerar ou não um incidente, caso gere um incidente, deve comunicar o módulo de segurança e comunicação.
 - Caso de uso: **Manter sensores**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o usuário cadastre, edite e exclua sensores no sistema.
 - Caso de uso: **Manter incidentes**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que ao usuário criar, editar e excluir um incidente no sistema.
 - Caso de uso: **Manter aferições dos equipamentos**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o usuário cadastre o resultado de um aferimento feito em um dos insumos da empresa.
- **Módulo de segurança e comunicação**
 - Caso de uso: **Manter áreas de notificação**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao usuário cadastrar, editar e excluir áreas para serem notificadas.
 - Caso de uso: **Manter contatos que devem ser notificados**

- Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao usuário cadastrar, editar e excluir os contatos das pessoas que devem ser notificadas.
 - Caso de uso: **Emitir alerta**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o sistema dispare alertas quando solicitado manualmente, ou pelo módulo de monitoramento.
- **Módulo de inteligência do negócio**
 - Caso de uso: **Fazer simulações de possíveis incidentes**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao sistema fazer simulações através do cruzamento de informações dos dados históricos, do monitoramento atual e de serviços externos, para fins de tentar prever algum futuro incidente tanto em curto, médio e longo prazo.
 - Caso de uso: **Gerar dashboards através da análise de dados feita**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o usuário visualize dashboards com as previsões futuras feitos pelo módulo.
 - Caso de uso: **Gerar relatórios com possíveis equipamentos que deverão ser comprados/revisados baseando-se em dados históricos**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao sistema analisar os dados históricos dos equipamentos, vistorias e aferições já efetuadas, para fins de criar dados que possam ser utilizados pelo módulo de relatórios para fins de identificar possíveis gastos futuros com substituição de equipamentos ou desfalque temporário para revisão dos mesmos.
- **Módulo de compliance**
 - Caso de uso: **Manter controle de governança**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao sistema manter as suas normas sempre alinhadas com as normas especificadas pelos demais órgãos externos, como Agência Nacional De Mineração, Ministério do Trabalho.
 - Caso de uso: **Manter segurança dos funcionários**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao sistema gerenciar todas as medidas de segurança que devem ser aplicadas aos funcionários e nos locais onde os mesmos circulam.
- **Módulo de relatório de acompanhamento**
 - Caso de uso: **Gerar relatórios do andamento dos processos de mineração**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o sistema consulte o status dos processos que foram abertos junto a Agência Nacional de Mineração e gere relatórios dos processos solicitados.
 - Caso de uso: **Gerar relatório de incidentes ocorridos**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite ao sistema gerar relatório com todos os incidentes que ocorreram por período.
 - Caso de uso: **Gerar relatórios com gráficos do monitoramento dos sensores**
 - Descrição resumida: Essa funcionalidade permite que o sistema gere relatórios com gráficos referentes as atividades dos sensores

localizados nas barragens, esses relatórios podem possuir mais de uma métrica, como pressão, umidade, geolocalização, entre outros.

4.3. Modelo de componentes

O diagrama de componentes do sistema, os quais impactaram no design da arquitetura e seleção das tecnologias. Foram organizados para serem reutilizáveis e fornecendo interfaces bem definidas de acordo com suas responsabilidades.

Abaixo segue a imagem de como os componentes estão organizados dentro da arquitetura proposta.

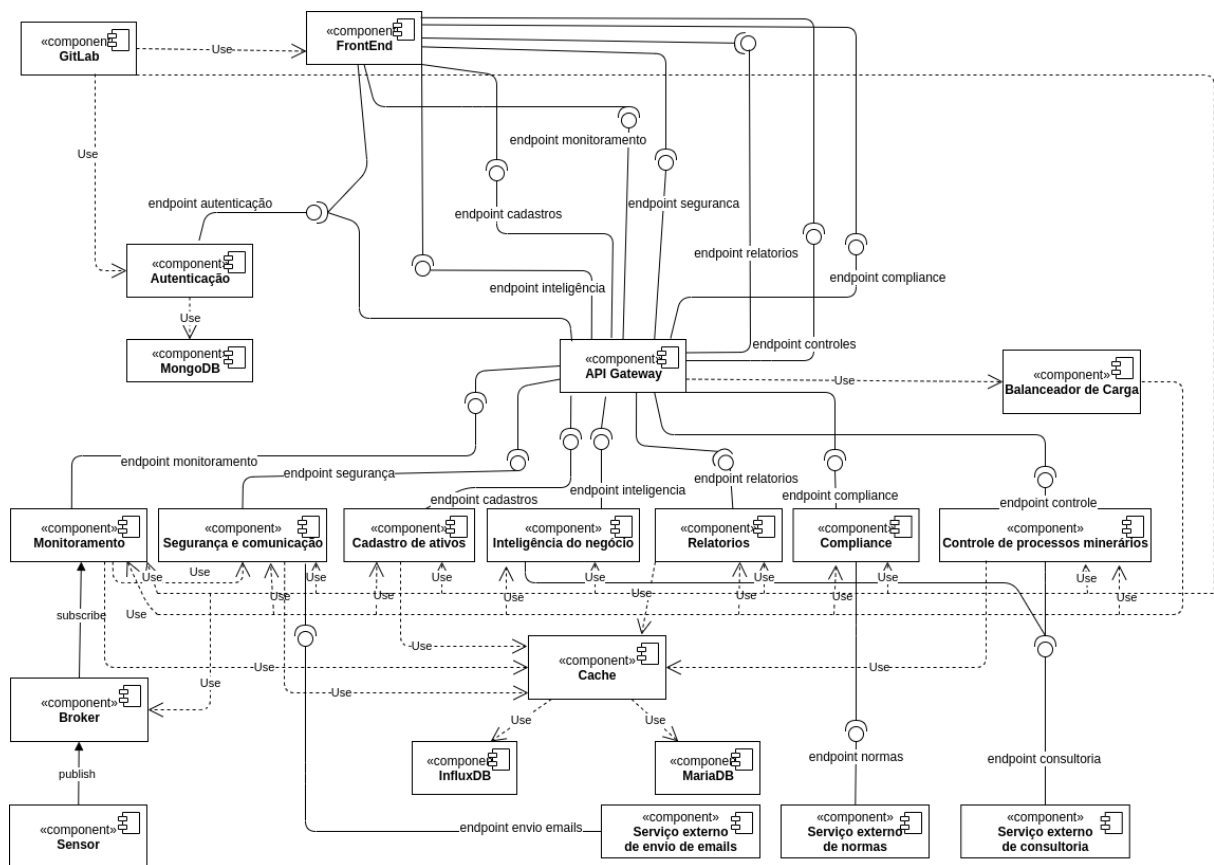


Figura 8 – Diagrama de componentes

Na imagem acima está sendo apresentado os componentes do sistema e como os mesmos estão distribuídos.

Para fins de manter a manutenibilidade do sistema fácil, o mesmo foi desenvolvido tendo o frontend completamente separado do backend, este último tendo cada módulo

desenvolvido na arquitetura de micro serviço, fazendo com que a comunicação entre frontend e backend seja feita através de chamadas de API, trafegando os seus dados no formato json.

Todo o sistema foi projetado para rodar em ambiente *on premise*, sendo cada componente representado na figura acima um container Docker. Para a integração continua do projeto, foi utilizado os jobs do GitLab, facilitando a aplicação de todos os testes unitários e de integração após algum módulo do sistema sofrer alguma alteração, assim como criar uma nova imagem Docker para o módulo alterado, garantindo assim os requisitos não funcionais de testabilidade e manutenibilidade.

O sistema possui as APIs dos seus módulos privados, podendo apenas serem acessados a partir do componente de API gateway que fica entre o frontend e o backend, vindo a mascarar os endpoints reais da aplicação, recebendo as requisições que vem do frontend e repassa-las para os módulos solicitados utilizando o componente de load balance, no qual a tecnologia utilizada é o NGINX, para que verifique qual instância do serviço está mais liberada, garantindo assim o requisito não funcional de escalabilidade. Ainda em relação as APIs do sistema, as mesmas só são disponíveis desde que a requisição que está solicitando o serviço possua um token válido no cabeçalho, este token é obtido através da tela de login e senha que o frontend possui, no qual a mesma faz uma requisição para o endpoint de login do componente de autenticação, que caso o usuário e senha seja valido, é retornado o token que deverá ser mandado no cabeçalho das próximas requisições, o usuário não conseguirá acessar uma tela ou um recurso sem o token ou com um token inválido. Essa funcionalidade garante o requisito não funcional de segurança.

Para o módulo de monitoramento é utilizado sensores, que se trata de dispositivos que utilizam IOT, nos quais os mesmos encontram-se próximos das barragens gerando dados sobre o status das mesmas. Esses dispositivos utilizam o protocolo MQTT para a transmissão dos dados, essa transmissão é feita através de publish e subscribe, ou seja, o sensor publica a sua mensagem e o subscribe a ouve. Para que essa comunicação possa ser feita, é necessário a utilização de um broker para receber esses dados e repassá-los para os subscribers, o broker que será utilizado para esse fim é a ferramenta chamada Eclipse Mosquitto. Os subscribers serão os clients que ficarão ouvindo os dados que chegam dos sensores, nos quais irão salvar esses dados em uma base de dados para que possam ser analisados posteriormente e ou gerar gráficos de capacidade e performance para monitoramento de cada métrica monitorada nas barragens. Esses clients também serão os responsáveis por analisar os dados que chegam dos sensores e caso necessário, baseando-se em valores pré definidos para cada métrica, acionar o módulo de segurança e comunicação. Devido haver alta demanda de dados chegando pelos sensores e a necessidade de ter esses dados em tempo real, a tecnologia selecionada para o armazenamento desses dados é o banco de dados temporal InfluxDB.

O sistema também prevê a integração com serviços externos, para a consulta dos processos minerários, envio de alertas por e-mail e consulta de normas ambientais, para isso o sistema respeita a interface exposta de cada um desses serviços, garantindo assim o requisito não funcional de interoperabilidade.

Com a finalidade de melhorar a performance no acesso aos dados do sistema foi adicionado a ferramenta Redis para uso do cache, sendo configurado para cachear as informações que são muito solicitadas, fazendo com que seja diminuído o tráfego de rede desnecessário e a carga imposta nas bases de dados, fazendo com que a navegação pelo sistema fique mais performática, reforçando o requisito funcional de desempenho.

Para fins de garantir o requisito funcional de confiabilidade, os componentes do sistema serão monitorados pela ferramenta Zabbix, no qual poderá emitir alertas para a equipe de TI responsável pelo monitoramento do sistema caso haja alguma anormalidade. Para reforçar o requisito não funcional de escalabilidade, será utilizado o Kubernetes para efetuar a orquestração dos módulos do sistema, o mesmo estará configurado para subir novos containers para atender a alta demanda quando necessário.

4.4. Modelo de implantação

Para uma melhor representação de como ficam alocados fisicamente os componentes citados na sessão anterior, segue abaixo o diagrama de implantação do sistema, apresentando em qual hardware os componentes estarão alocados para a implantação de um ambiente *on premise*. Também está sendo mostrado o protocolo utilizado para a comunicação entre um hardware e outro.

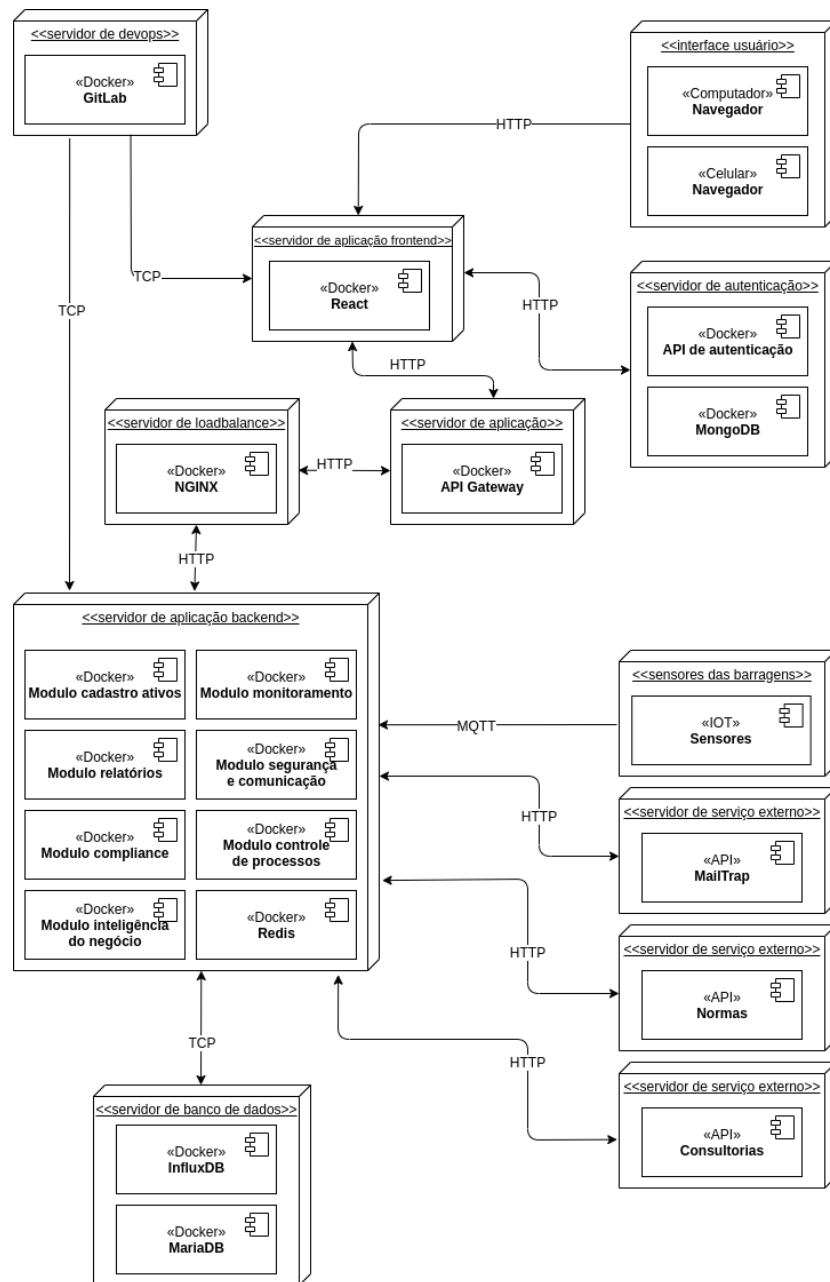


Figura 9 – Diagrama de implantação

4.5. Modelo de dados (opcional)

Caso julgue necessário para explicar a arquitetura, apresente o diagrama de classes ou o diagrama de Entidade-Relacionamento ou as tabelas do banco de dados. Este modelo pode ser essencial caso a arquitetura utilize uma solução de banco de dados distribuídos ou um banco NoSQL.

5. Prova de Conceito (POC) / protótipo arquitetural

Nesta parte do trabalho é apresentada a POC desenvolvida com o intuito de atender aos requisitos especificados neste relatório.

5.1. Implementação e Implantação

Descreva a implementação da prova de conceito da arquitetura (protótipo arquitetural) da sua aplicação, apresentando suas características em termos de código. Para isto indique:

- As tecnologias utilizadas na sua implementação.
- Os Casos de Uso (UC) que atendem aos requisitos funcionais que serão implementados para validar a arquitetura proposta. Deve-se pelo menos três casos de uso descritos. Apresente nos UC um protótipo de interfaces (telas) da aplicação.
- Os requisitos não funcionais que serão avaliados. Devem ser definidos pelo menos três requisitos não funcionais. Indique os critérios de aceitação para cada um deles.

Faça a implantação da sua prova de conceito. Isto pode ser feito de diversas formas: em nuvem, utilizando um servidor *web*, aplicativo baixado para *smartphone* etc. Indique no apêndice onde (*link* ou endereço) sua prova de conceito está disponível para ser executada.

Faça um vídeo de apresentação da POC e disponibilize de forma que a banca de avaliação do TCC possa ver. Informe a URL no apêndice deste trabalho.

5.2 Código

Coloque aqui a descrição do código, deixando visível a estrutura de seus componentes (pode utilizar uma figura, se desejar). Acrescente ainda um *link* para o repositório de código utilizado.

5.2. Interfaces/ APIs

Caso exista algum componente na arquitetura da sua aplicação que é genérico e pode ser utilizado em outras aplicações semelhantes, documente a interface desse componente seguindo um modelo de documentação de interfaces.

6. Avaliação da Arquitetura

A avaliação da arquitetura desenvolvida neste trabalho é abordada nesta seção, visando avaliar se atende ao que foi proposto.

6.1. Análise das abordagens arquiteturais

Apresente um breve resumo das principais características da proposta arquitetural.

6.2. Cenários

Apresente os cenários utilizados na realização dos testes da sua aplicação. Escolha cenários de testes que demonstrem os requisitos não funcionais (atributos de qualidade) sendo satisfeitos. Priorize os cenários para a avaliação segundo critérios quantitativos ou qualitativos.

6.3. Avaliação

Apresente as evidências dos testes de avaliação. Apresente as medidas registradas na coleta de dados. O que não for possível quantificar apresente uma justificativa baseada em evidências qualitativas que suportem o atendimento aos requisitos não-funcionais. As evidências das avaliações neste item são fundamentais.

6.4. Resultado

Apresente uma avaliação geral da arquitetura produzida, indicando seus pontos fortes e suas limitações. Indique possíveis ajustes/melhorias que podem ser feitos.

7. Conclusão

Faça uma avaliação geral do trabalho. Indique se os objetivos foram atendidos, as limitações do resultado alcançado e as dificuldades encontradas, do ponto de vista da área de arquitetura de software.

REFERÊNCIAS

Como um projeto da arquitetura de uma aplicação não requer revisão bibliográfica a inclusão das referências não é obrigatória, embora seja recomendada. Caso você deseje incluir referências relacionadas às tecnologias, padrões, ou metodologias que utilizadas no seu trabalho relacione-as de acordo com o modelo a seguir. Siga as normas ABNT, disponíveis em www.pucminas.br, na página da biblioteca.

Exemplo:

SOBRENOME DO AUTOR, Nome do autor. **Título do livro ou artigo.** Cidade: Editora, ano.

APÊNDICES

Inclua o URL do repositório (Github, Bitbucket, etc) onde você armazenou o código da sua prova de conceito/protótipo arquitetural da aplicação como anexos. A inclusão da URL desse repositório de código servirá como base para garantir a autenticidade dos trabalhos.

Inclua o URL do vídeo mostrando uma apresentação da POC.

CHECKLIST PARA VALIDAÇÃO DOS ITENS E ARTEFATOS DO TRABALHO

Nº	Item a ser cumprido	Sim	Não	Não se aplica
Completeza do documento				
1	Todos os elementos iniciais do documento (capa, contracapa, resumo, sumário...) foram definidos?			
2	Os objetivos do trabalho (objetivos gerais e pelo menos três específicos) foram especificados?			
3	Os requisitos funcionais foram listados e priorizados?			
4	Os requisitos não funcionais foram listados identificados usando o estilo estímulo-resposta?			
5	As restrições arquiteturais foram definidas?			
6	Os mecanismos arquiteturais foram identificados?			
7	O diagrama de caso de uso foi apresentado junto com uma breve descrição de cada caso de uso?			
8	O modelo de componente e uma breve descrição de cada componente foi apresentada?			
9	O modelo de implantação e uma breve descrição de cada elemento de hardware foi apresentada?			
10	Prova de conceito: uma descrição da implementação foi feita?			
11	Prova de conceito: as tecnologias usadas foram listadas?			
12	Prova de conceito: os casos de uso e os requisitos não funcionais usados para validar a arquitetura foram listados?			
13	Prova de conceito: os detalhes da implementação dos casos de uso (telas, características, etc) foram apresentadas?			
14	Prova de conceito: foi feita a implantação da aplicação e indicado como foi feita e onde está disponível?			
15	As interfaces e/ou APIs foram descritas de acordo com um modelo padrão?			
16	Avaliação da arquitetura: foi feita uma breve descrição das características das abordagens da proposta arquitetural?			
17	Avaliação da arquitetura: Os atributos de qualidade e os cenários onde eles seriam validados foram apresentados?			
18	Avaliação da arquitetura: a avaliação com as evidências dos testes foi apresentada?			
19	Os resultados e a conclusão foi apresentada?			
20	As referências bibliográficas foram listadas?			
21	As URLs com os códigos e com o vídeo da apresentação da POC foram listadas?			

Nº	Item a ser cumprido	Sim	Não	Não se aplica
Consistência dos itens do documento				
1	Todos os requisitos funcionais foram mapeados para casos de uso?			
2	Todos os casos de uso estão contemplados na lista de requisitos funcionais?			
3	Os requisitos não funcionais, mecanismos arquiteturais e restrições c arquiteturais estão coerentes com os modelos de componentes e implantação?			
4	Os modelos de componentes e implantação estão coerentes com os requisitos não funcionais, mecanismos arquiteturais e restrições arquiteturais?			
5	As tecnologias listadas na implementação estão coerentes com os requisitos não funcionais, mecanismos arquiteturais e restrições arquiteturais?			
6	Os casos de uso e os requisitos não funcionais listados na implementação estão coerentes com o que foi listado nas seções anteriores?			
7	Os atributos de qualidade usados na avaliação estão coerentes com os requisitos não funcionais na cessão três?			
8	Os cenários definidos estão no contexto dos casos de uso implementados?			
9	O apresentado no item resultado está coerente com o que foi mostrado no item avaliação?			