Trabalho Prático de Integridade, Autenticação e Autorização - Parte 1

O trabalho consiste em desenvolver um *IdP* (*Identity Provider*) que suporte serviços com diferentes graus de criticidade e aplique *MFA* (*Multi-Factor Authentication*), de forma dinâmica, de acordo com os requisitos do serviço e o risco percebido pelo utilizador.

Membros do Grupo

Este projeto foi desenvolvido por:

- Ana Vidal (118408)
- Simão Andrade (118345)

Descrição de Serviços

O sistema CRM desenvolvido é uma ferramenta abrangente projetada para gestão todas as facetas dos projetos e atividades de negócios relacionados.

Uma característica fundamental é a capacidade de gestão um repositório de projetos, fornecendo informações detalhadas sobre cada obra, incluindo dados sobre *stakeholder*'s, contactos com clientes diretos e indiretos (*prospect*'s) que solicitam cotações diretamente à empresa e os materiais necessários para a execução de cada projeto. Além disso, o sistema mantém informações de gestão de clientes, como endereços das sedes e filiais dos clientes.

Além disso, o sistema possui outros componentes de grande relevância como o planeamento, execução e relatório de atividades destinadas a capturar negócios relacionados com os projetos. Isso permite uma abordagem estruturada para angariar e gestão negócios, garantindo que todas as etapas do processo sejam registadas e acompanhadas de forma eficiente.

Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema é composta por três componentes principais: o *IdP* (*Identity Provider*), o *Resource Server* e o *Client*.

Entidades e relações

No sistema descrito, temos as seguintes entidades:

- Diretor da Obra;
- Diretor de Telecomunicações;
- Fornecedor;
- Técnico de Telecomunicações;
- Trabalhador de Fábrica;
- Vendedor.

Fluxo de interação

De modo a melhor compreender o funcionamento do sistema, foi desenvolvido um diagrama que mostra o fluxo de interação entre os diferentes utilizadores e o sistema, juntamente com alguns casos de uso dos utilizadores.

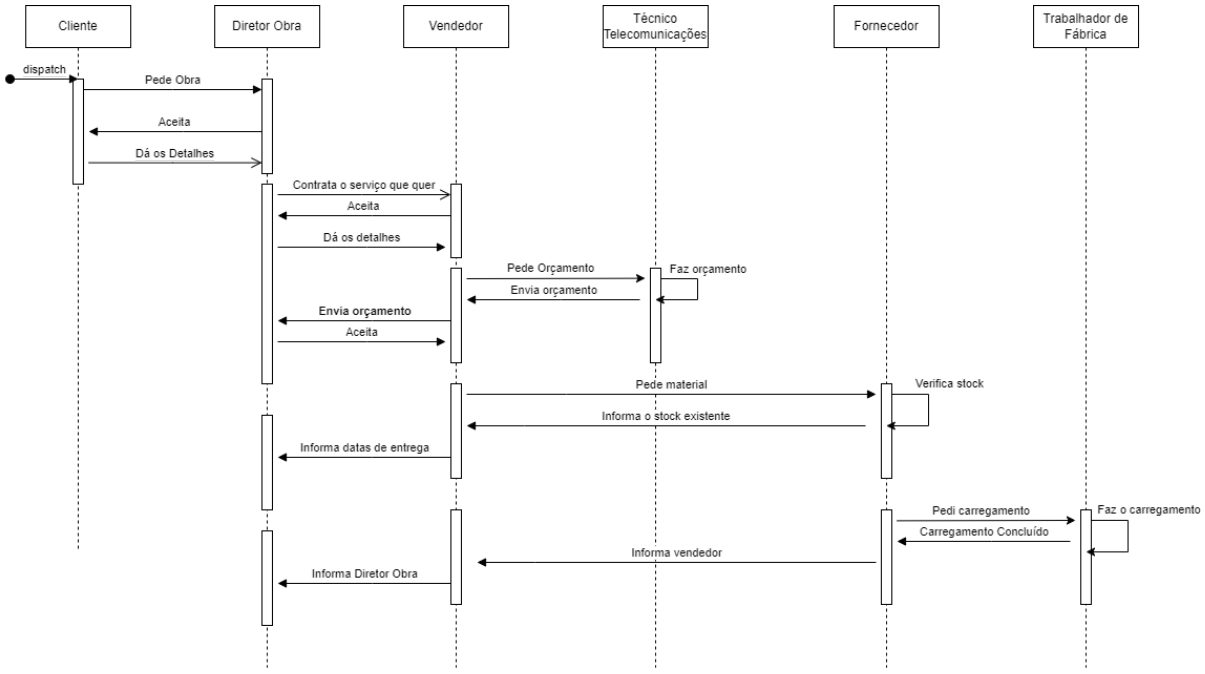


Figura 1: Diagrama de sequencial para a realização de um pedido de orçamento.

Para uma melhor compreensão das medidas de segurança a se tomar, foi descrito o funcionamento das características principais do sistema, de modo a criar uma solução adequada para o mesmo. Esta descrição foi feita com base em diagramas de caso de uso, obtendo-se os seguintes resultados:

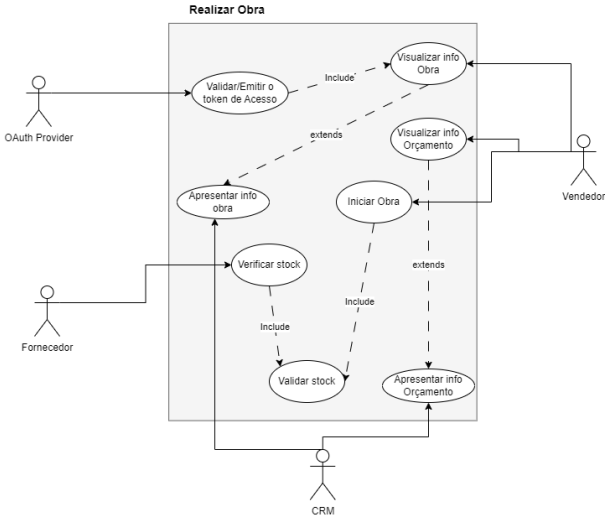


Figura 2: Diagrama de caso de uso para a realização de um pedido de Obra.

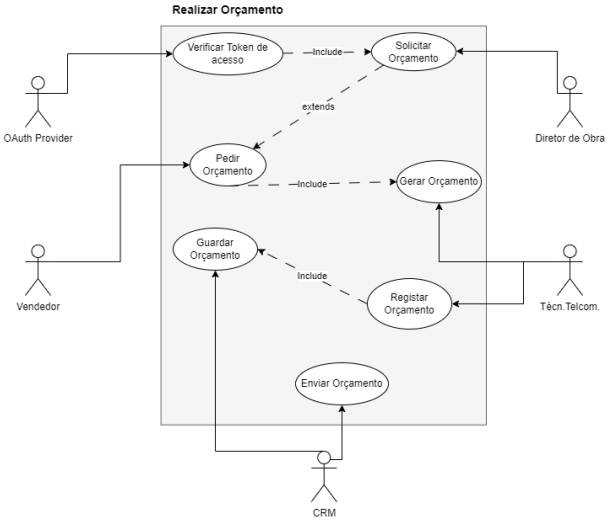


Figura 3: Diagrama de caso de uso para a realização de um pedido de orçamento.

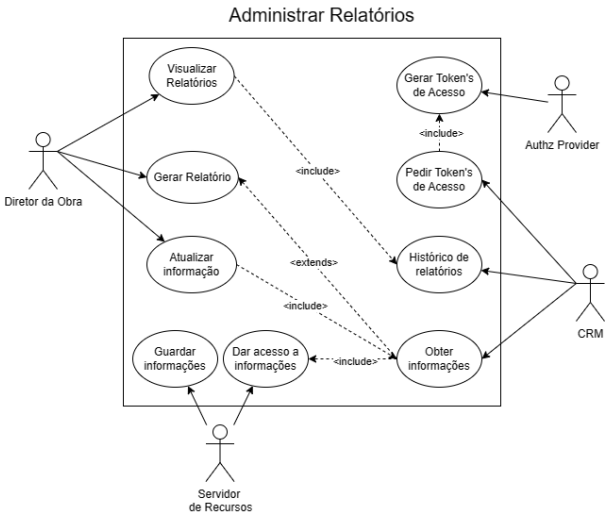


Figura 4: Diagrama de caso de uso para a gestão de relatórios.

Controlo de Acesso

O sistema foi desenvolvido com base no controlo de acesso, de forma a garantir que os utilizadores apenas têm acesso aos recursos que são necessários para a realização das suas tarefas.

Níveis de Acesso

Como o sistema é composto por diversos tipos de utilizados, onde os mesmos acedem a diferentes recursos para desempenhar as suas funções, terá que ser implementado um controlo de acesso que permita a cada utilizador aceder apenas aos recursos necessários para a realização das suas tarefas.

Com base nas funções desempenhadas pelos utilizadores do sistema e sensibilidade dos recursos acedidos, foi desenvolvida a seguinte **hierarquia de acesso**:

Nível 3	Diretor de Telecomunicações, Vendedor
Nível 2	Técnico de Telecomunicações, Trababalhador de Fábrica
Nível 1	Fornecedor, Diretor da obra

Figura 5: Hierarquia de acesso dos utilizadores.

Sendo, o **Nível 3** o acesso **mais restrito** e o **Nível 1** o acesso **mais permissivo**.

Regras de Confidencialidade TODO: Rever e modificar consoante a tabela de cima

1. **Regra de Não-Leitura (No Read Up):** Esta regra impede que indivíduos em níveis de segurança mais baixos acessem informações em níveis de segurança mais altos, evitando assim a divulgação não autorizada de informações sensíveis. Por exemplo:
    - Um vendedor, um diretor de obra, um fornecedor, um técnico de telecomunicações e um trabalhador de fábrica, todos eles possuem permissão para aceder informações sobre clientes,

diretores de obra, moradas e contatos de clientes, moradas da obra, materiais da obra, tabelas de preços e status da obra. No entanto, nenhum deles pode aceder a informações sobre materiais em stock ou escalões de desconto, pois essas informações são consideradas mais sensíveis e podem afetar a segurança e a integridade do sistema se divulgadas a pessoas não autorizadas.

2. **Regra de Não-Escrita (No Write Down):** Esta regra impede que informações em níveis de segurança mais altos sejam gravadas em níveis de segurança mais baixos, garantindo assim a proteção das informações confidenciais. Por exemplo:

    - Um vendedor, um diretor de obra, um fornecedor, um técnico de telecomunicações e um trabalhador de fábrica podem fornecer informações sobre clientes, diretores de obra, moradas e contatos de clientes, moradas da obra, materiais da obra, tabelas de preços e status da obra, mas nenhum deles pode registrar informações sobre materiais em stock ou escalões de desconto em um sistema de segurança mais baixo. Isso evita que informações sensíveis sejam divulgadas a partes não autorizadas e mantém a integridade e a confidencialidade do sistema.

Essas regras garantem que apenas as pessoas autorizadas tenham acesso e permissão para visualizar e modificar informações relevantes, protegendo assim a confidencialidade e a segurança dos dados no sistema.

Regras de Integridade TODO: Rever e modificar consoante a tabela de cima

1. **Regra de Não-Escrita (No Write Up):** Esta regra é crucial para evitar que informações sensíveis ou críticas sejam alteradas por indivíduos que não têm autorização para fazê-lo. Por exemplo:

    - Um vendedor pode precisar aceder a informações sobre clientes, diretores de obra e materiais, mas não deve ter permissão para modificar detalhes sobre a obra, fornecedores, tecnologia de telecomunicações ou trabalho de fábrica, pois isso pode interferir nas operações internas.
    - Um diretor de obra pode precisar atualizar informações sobre a obra, mas não deve ter permissão para modificar detalhes sobre fornecedores, tecnologia de telecomunicações ou trabalho de fábrica, pois isso pode afetar os processos de aquisição e comunicação.
    - Um fornecedor pode fornecer informações sobre materiais, mas não deve ter permissão para alterar detalhes sobre tecnologia de telecomunicações ou trabalho de fábrica, pois isso pode comprometer a integridade dos dados de produção.

2. **Regra de Não-Leitura (No Read Down):** Esta regra impede que informações confidenciais sejam acessadas por indivíduos que não têm autorização para fazê-lo. Por exemplo:

    - Os trabalhadores da fábrica podem precisar aceder a informações sobre materiais em stock e escalões de desconto para realizar suas funções, mas não devem ter permissão para visualizar dados sobre clientes, diretores de obra ou fornecedores, pois isso pode expor informações confidenciais a pessoal não autorizado.
    - Da mesma forma, os técnicos de telecomunicações podem precisar de acesso a informações sobre materiais em stock e escalões de desconto para fins de manutenção, mas não devem ter permissão para visualizar dados sobre clientes, diretores de obra ou fornecedores, pois isso pode comprometer a segurança das informações.

Estas regras garantem que apenas as pessoas autorizadas tenham acesso e permissão para modificar informações relevantes, mantendo assim a integridade e a segurança dos dados no sistema.

Mapeamento de recursos

Para a implementação do controlo de acesso, foi feito um enumeração dos recursos que cada tipo de utilizador pode aceder nas diferentes client applications.

Com isto, foi definida a seguinte estrutura baseada:

Client 1

Acessos	Vendedor	Dir. da Obra	Fornecedor	Tec. Telecom	Trab. de Fábrica	Dir. de Telecom
Material da obra	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Material em stock	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não
Tabela de preços	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Status da obra	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Ver Clientes	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim

Client 2

Acessos	Vendedor	Dir. da Obra	Fornecedor	Tec. Telecom	Trab. de Fábrica	Dir. de Telecom
Morada e contactos dos Clientes	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Morada da obra	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim

Client 3

Acessos	Vendedor	Dir. da Obra	Fornecedor	Tec. Telecom	Trab. de Fábrica	Dir. de Telecom
Ver Clientes	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Morada da obra	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim
Material da obra	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Material em stock	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não

Acessos	Vendedor	Dir. da Obra	Fornecedor	Tec. Telecom	Trab. de Fábrica	Dir. de Telecom
Tabela de preços	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Status da obra	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim

> **Nota:** O Diretor da obra apenas tem acesso às informações da obra do próprio.

Authentication e *Authorization flow*

A *framework* OAuth 2.0 diversos modos de obter tokens de acesso e como estes são geridos no processo de autenticação. A escolha do fluxo de autenticação depende do tipo de aplicação, nível de confiança com a aplicação cliente e a fadiga do utilizador.

Para obter uma melhor resposta a qual *flow* de autenticação usar, foram feitas as seguintes questões:

A aplicação cliente é uma *SPA* (*Single-Page App*)?

Dada a abundância de dados envolvidos, o sistema foi desenvolvido como uma *MPA* (*Multi-page App*). Isso garante que a complexidade de desenvolvimento seja mantida baixa, enquanto proporciona um tempo de carregamento inicial rápido. Isso significa que os utilizadores podem acessar informações de maneira mais imediata, sem sacrificar a eficiência ou a usabilidade do sistema.

A aplicação cliente é o *Resource Owner*?

Como a solução da aplicação cliente é uma aplicação *web*, a abordagem onde o *Resource Owner* é o *Client* não é a mais adequada. Isso porque a aplicação cliente não é confiável com as credenciais do utilizador, podendo trazer riscos de segurança.

A aplicação cliente é um *Web Server*?

Sim, a aplicação cliente é um *Web Server*.

A aplicação cliente precisa de comunicar com *Resource Servers* diferentes?

Não, a aplicação cliente apenas precisa de comunicar com o *Resource Server* empresa.

Dados os requisitos do sistema e feita a análise das questões acima, o *flow* de autenticação escolhido foi o *Authorization Code*.

Diagrama de *Authorization Code*

O seguinte diagrama mostra o processo autenticação do sistema, usando o *Authorization Code flow*:

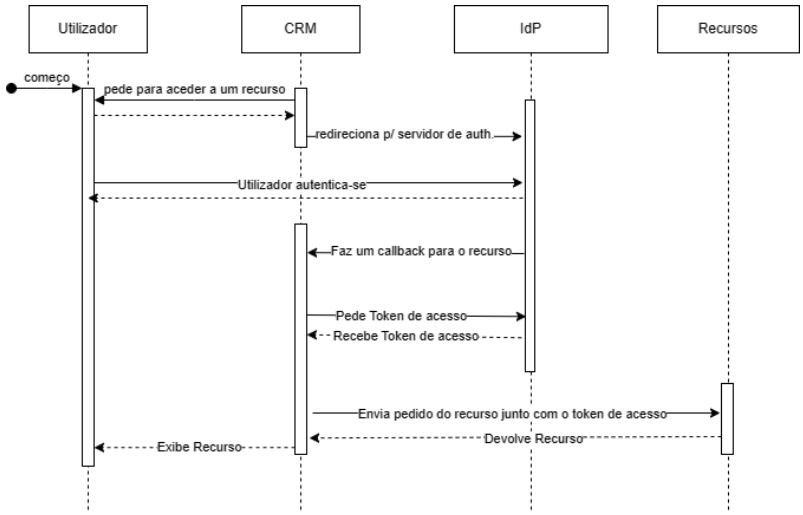


Figura 6: Diagrama de sequencial para o *Authorization Code flow*.

Modelo de gestão de risco

De modo a garantir a segurança do sistema, foi desenvolvido um modelo de gestão de risco que permite identificar, avaliar e mitigar os riscos associados ao sistema, variando consoante o nível de acesso do utilizador.

Identificação de riscos

Para a identificação dos riscos associados ao sistema, foi feita uma enumeração das possíveis ameaças e vulnerabilidades que podem afetar a segurança do sistema.

- **Ameaças**:
    1. Comprometimento de dados sensíveis;
    2. Acesso de colaborados a documentos sensíveis;
    3. Integridade dos dados comprometida;
    4. Exposição de informações sensíveis;
    5. Roubo de credenciais.
- **Vulnerabilidades**:
    1. Ataques de *phishing* (roubo de credenciais);
    2. Regras de controlo de acesso mal definidas;
    3. Falta de validação de *inputs*;
    4. Ataques *password spraying*;
    5. Ataques de *Broken Authentication*.

Análise/Avaliação de riscos do software

A partir desta enumeração, foi feita uma **análise quantitativa** de risco para determinar a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco identificado.

Onde a **matriz de risco** é a seguinte:

Probabilidade/Impacto	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Improvável	1	2	3	4	5

Probabilidade/Impacto	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Pouco provável	2	4	6	8	10
Provável	3	6	9	12	15
Bastante provável	4	8	12	16	20
Muito provável	5	10	15	20	25

Cuja **probabilidade** representa:

Nível de probabilidade	Descrição	Número médio de Ocorrências
Nível 1	Improvável	0-1
Nível 2	Pouco provável	1-2
Nível 3	Provável	2-3
Nível 4	Bastante provável	3-4
Nível 5	Muito provável	4+

Cujo **impacto** representa:

Nível de impacto	Impacto	Descrição do impacto
Nível 1	Muito Baixo	Um posto de trabalho parado
Nível 2	Baixo	Um sistema/processo parado
Nível 3	Médio	Um departamento parado
Nível 4	Alto	Mais que um departamento parado
Nível 5	Muito Alto	A empresa parada

Obtendo-se a seguinte **tabela de risco**:

Risco = f(Ameaça, Vulnerabilidade)	Probabilidade	Impacto	Valor do Risco = (P * I)
Comprometimento de dados sensíveis causados por *phishing*	4	3	12
Acesso de colaborados a documentos sensíveis, por privilégios mal definidos	1	2	2
Integridade dos dados comprometida por falta de validação de entrada	4	4	16
Exposição de informações sensíveis devido a falha na autenticação	3	4	12

Risco = f(Ameaça, Vulnerabilidade)	Probabilidade	Impacto	Valor do Risco = (P * I)
Roubo de credenciais devido a ataques de força bruta	3	4	12

Identificação de controlos a implementar

Com base nos riscos anteriormente enumerados, foram identificados os controlos a implementar para mitigar os mesmos.

A presente tabela, mostra os controlos identificados junto do novo valor do risco:

Risco = f(Ameaça, Vulnerabilidade)	Controlo a implementar	Probabilidade(2)	Impacto(2)	Valor do Risco (Novo)
Comprometimento de dados sensíveis causados por *phishing*	Uso de autenticação *MFA*	2	3	6
Acesso de colaborados a documentos sensíveis, por privilégios mal definidos	Definição de políticas de controlo de acesso	1	1	1
Integridade dos dados comprometida por falta de validação de entrada	Implementação de validação de *inputs*	3	3	9
Exposição de informações sensíveis devido a falha na autenticação	Gestão de *tokens* de autenticação	2	3	6
Roubo de credenciais devido a ataques de força bruta	Implementação de bloqueio de contas/*timeout*'s após tentativas falhadas	2	3	6

Agora, podemos realizar uma avaliação de risco semelhante à anterior, atribuindo valores de probabilidade e impacto para esses riscos e calculando a pontuação de risco total.

Risco	Probabilidade	Impacto	Valor do Risco = (P * I)
Exposição de informações do cliente	3	4	12
Acesso não autorizado às informações das vendas	4	3	12
Risco de phishing	3	3	9

Risco	Probabilidade	Impacto	Valor do Risco = (P * I)
Fraude de identidade	2	2	4

Autenticação de dois fatores (MFA)

Métodos escolhidos

O sistema de autenticação irá ter os seguintes modos de autenticação:

- **Autenticação via palavra-passe**: Será pedido ao utilizador que insira as credencias;
- **Autenticação via *One-Time Password***: Será enviado um código de autenticação para o email/aplicação móvel do utilizador;
- **PIN**: Serão feitas PIN ao utilizador que foram solicitadas no registo;
- **Autenticação via *Smartcard***: Será pedido ao utilizador que insira o seu cartão de autenticação.

Motivação para a escolha dos métodos

1. **Exposição de informações do cliente e acesso não autorizado às informações de vendas:** A autenticação através de One-Time Password (OTP) é uma escolha adequada, pois oferece um segundo fator de autenticação que é dinâmico e não pode ser facilmente forjado por atacantes, pois têm de ter acesso a um dispositivo fisico do utilizador ou credencias de acesso de uma outra aplicação de vinculo de autenticação do mesmo.

2. **Risco de phishing e fraude de identidade:** As PIN são úteis para mitigar o risco de phishing e fraude de identidade, pois adicionam uma camada extra de verificação da identidade do utilizador, sendo que só o utilizador legítimo conhece, dificultam então, a realização de ataques de phishing bem-sucedidos ou tentativas de fraude de identidade.

3. **Nível de segurança geral e diversificação de métodos:** A autenticação através de Smartcard é uma opção de decrescimo ao nível da usabilidade, mas para os utilizadores que precisam de um nível mais elevado de segurança, especialmente para acesso a informações sensíveis ou operações críticas. O uso de cartões de autenticação físicos adicionam uma camada adicional de proteção, pois requer que os utilizadores tenham posse física do seu cartão para autenticar-se.

Gestão dos pedidos de autenticação

Além do risco variar consoante o nível de acesso do agente, o mesmo também poderá variar dependendo do:

- IP de origem do pedido;
- Hora do pedido;
- Tipo de dispositivo;
- Localização do dispositivo;
- Número de tentativas de autenticação falhadas;
- Nível de confiança do dispositivo (número de vezes que o dispositivo foi usado para autenticação bem-sucedida).

Estas variáveis serão avaliadas usando os *logs* de autenticação e, com base nisso, será pedido ou não uma segunda via de autenticação.

Para todos os níveis de acesso definimos as seguintes regras:

- Hora do pedido: Fora do horário de trabalho (19h - 7h);
- Endereço IP/Localização: Fora do país;
- Número de tentativas de autenticação falhadas: 3 ou mais, num intervalo de 5 minutos;
- Nível de confiança do dispositivo: pelo menos 5 autenticações bem-sucedidas num intervalo de 30 dias.

Nível 1: Um pedido de autenticação MFA, se as pelo menos duas das regras acima não for seguida;

Nível 2: Um pedido de autenticação MFA, se pelo menos uma regra não for seguida, e dois pedidos de autenticação MFA, se mais de duas das regras acima não forem seguidas;

Nível 3: É sempre exigido um pedido de autenticação MFA, mas caso todas as regras acima não sejam seguidas, é exigido uma autenticação física.

As regras descritas encontram-se representadas no seguinte diagrama:

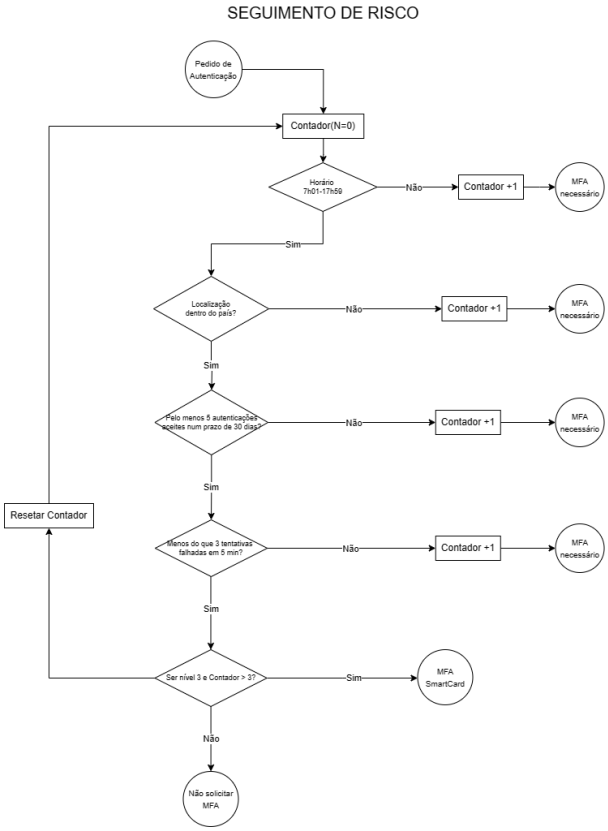


Figura 7: Diagrama de estados para a gestão de autenticação.

Trabalho Prático de Integridade, Autenticação e Autorização - Parte 2

Esta segunda parte do trabalho abarca o processo de implementação do sistema CRM com controlo de acessos e sistema de autenticação descrito na primeira parte.

Ferramentas Utilizadas

Para a implementação do sistema, foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- **Python**: Linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento do *backend* da aplicação;
- **Flask**: *Framework* de desenvolvimento web utilizado para a criação do *backend* da aplicação;
- **SQLite**: Sistema de gestão de base de dados utilizado para a criação e gestão da base de dados da aplicação;
- **HTML/CSS/JS**: Linguagens de marcação e estilização utilizadas para o desenvolvimento do *frontend* da aplicação;

Dentro da linguagem de programação Python, foram utilizadas as seguintes bibliotecas:

- **JWT**: Criação e validação de *tokens* de autenticação;
- **Authlib**: Implementação do *OAuth 2.0*;
- **SQLite3**: Criação e gestão da base de dados da aplicação.

Além disso foi utilizado:

- **Postman**: Realização de testes de *endpoints* e validação de *tokens*.
- **Figma**: Criação de *wireframes* e *mockups* do *frontend* da aplicação.

A escolha destas ferramentas foi feita com base na sua facilidade de uso, documentação extensiva e suporte ativo.

Base de Dados TODO: Alterar Imagem

Com base na descrição do sistema das entidades e relações feita na primeira parte do trabalho, foi desenvolvida uma base de dados que reflete a estrutura do sistema CRM.

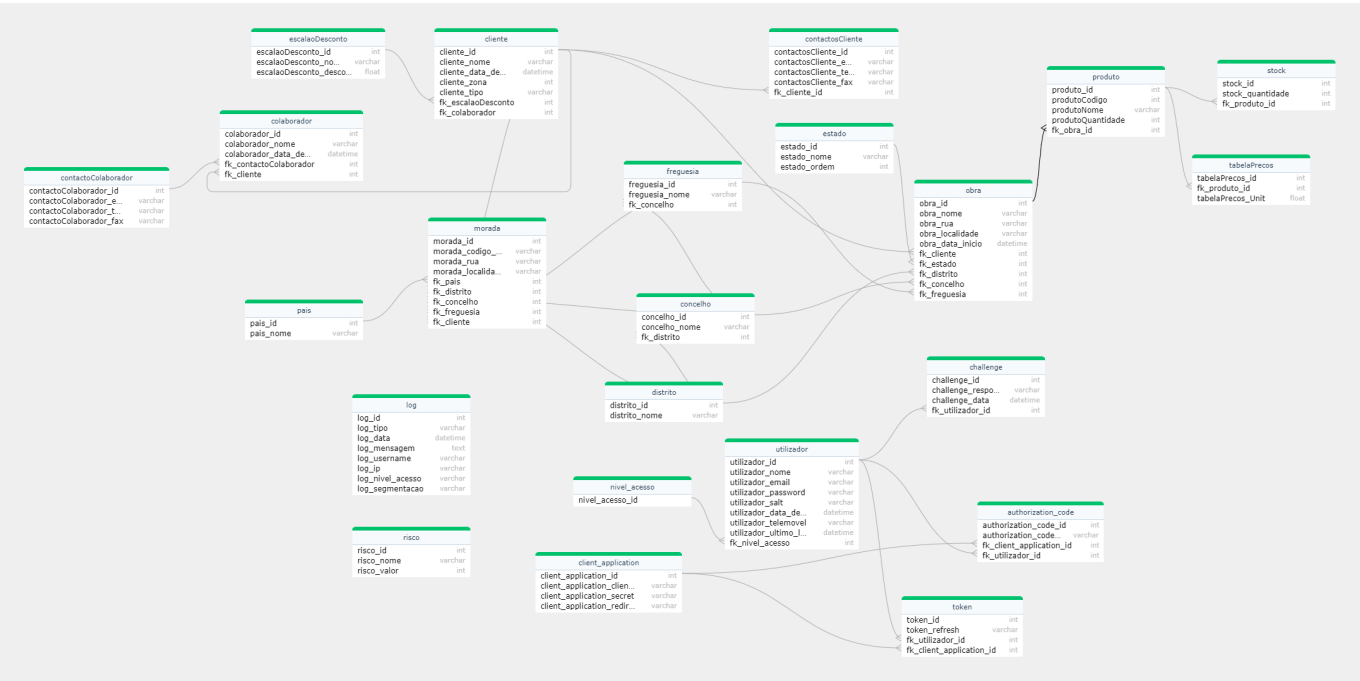


Figura 8 - Diagrama Entidade-Relação da Base de Dados

> A mesma encontra-se armazenada neste repositório, na diretoria `server/database/`, sobre o nome `db.sql`

Arquitetura do Sistema

A arquitetura encontra-se dividida em três componentes principais:

- **Client's**: Onde se encontra o *frontend* e *backend* das aplicações;
- **IdP**: Onde se encontra o *frontend* e *backend* da aplicação responsável pela autenticação e autorização dos utilizadores;
- **Resource Server**: Onde se encontra o *backend* da aplicação, responsável pela gestão dos recursos e controlo de acessos.

Cada *Client* tem acesso a diferentes recursos, e o seu acesso é condicionado por:

- *IdP*: gestão de acessos (autenticação),
- *Resource Server*: gestão de recursos (autorização).

Temos três *Client's* com as seguintes funcionalidades (dependendo do seu nível de risco):

1. Visualização do material da obra;
2. Gestão do material em stock e utilizado por obra;
3. Gestão de moradas e contactos dos clientes, diretores de obra e gestão de preços.

A estrutura do projeto encontra-se organizada da seguinte forma:

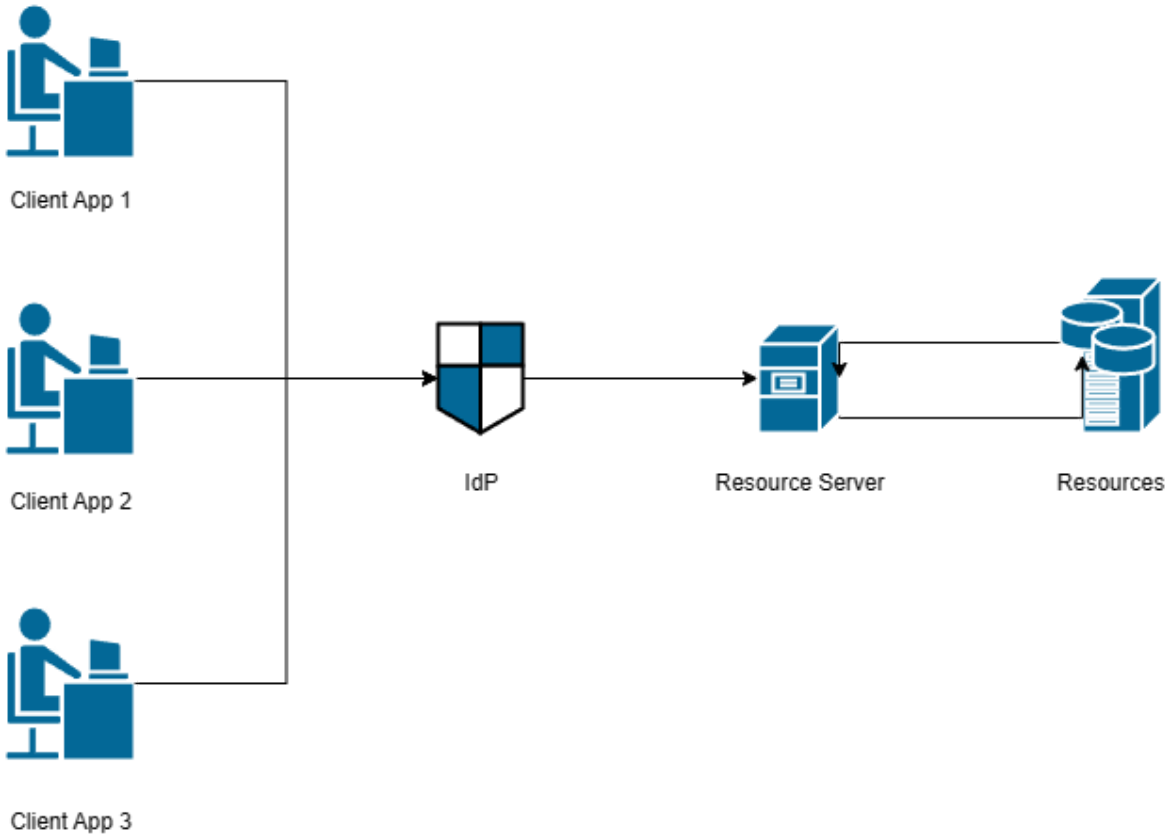


Figura 9 - Diagrama de Implementação

Implementação

Client Applications TODO: Rever

Client 1

Gestão do stock de material e ver preços dos produtos(fornecedor);(trabalhador de fábrica)

Client 2

Gestão de moradas, clientes e diretores de obra(fornecedor);(vendedor)

Client 3

Gestão de preços dos produtos (Diretor Telecom), material obra(técnico Telecom, vendedor), status obra(diretorTelcom, vendedor, técnico telecom) e ver clientes.(Diretor Telecom)

Claro! Vamos detalhar um pouco mais as funcionalidades de cada aplicação cliente e explicar o que foi implementado em termos de gestão e permissões.

Client Applications

As aplicações cliente são responsáveis por diferentes partes do sistema, cada uma com funcionalidades específicas e permissões de acesso determinadas pelos papéis dos utilizadores. A seguir, vamos detalhar cada aplicação.

Cliente 1: Gestão de Stock

Esta aplicação gere o stock de materiais. As funcionalidades incluem visualizar, atualizar e eliminar informações de stock. O acesso a estas funcionalidades é restrito por papéis específicos.

- **Visualizar Stock**:

```
@app.route('/stock', methods=['GET'])
@check_permission(['trabalhador_de_fabrica', 'vendedor'])
def stock():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')

    stock = make_api_get_request('stock')
    return render_template('tables_obra_stock.html', stock=stock,
username=request.cookies.get('username'))
```

  Esta rota permite que `trabalhador_de_fabrica` e `vendedor` visualizem o stock atual. Se os tokens de acesso não estiverem presentes, o utilizador é redirecionado para a página inicial.

- **Atualizar Stock**:

```
@app.route('/stock/update', methods=['POST'])
@check_permission(['fornecedor', 'trabalhador_de_fabrica'])
def update_stock():
```

```
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')

    products = request.form.getlist('produto')
    quantities = request.form.getlist('quantidade')

    if not products or not quantities or len(products) != len(quantities):
        return redirect('/stock')

    payload = [{'product': product, 'quantity': quantity} for product,
quantity in zip(products, quantities)]
    response = make_api_post_request('stock', payload)

    if response.json()['status'] != STATUS_CODE['SUCCESS']:
        stock = make_api_get_request('stock')
        return render_template('tables_obra_stock.html', stock=stock,
username=request.cookies.get('username'), error_message='Erro ao atualizar
stock')

    return redirect('/stock')
```

Esta rota permite que `fornecedor`e `trabalhador_de_fabrica` atualizem o stock. O payload é formado a partir dos produtos e quantidades enviados via formulário.

- **Eliminar Item do Stock**:

```
@app.route('/stock/delete', methods=['POST'])
@check_permission(['fornecedor', 'trabalhador_de_fabrica'])
def delete_stock():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')

    product = request.form.get('produto_delete')

    url = f'http://127.0.0.1:5020/api/stock'
    headers = {'Authorization': 'Bearer ' +
request.cookies.get('access_token')}
    payload = {'product': product}

    response = requests.delete(url, headers=headers, json=payload)

    if response.status_code != STATUS_CODE['SUCCESS']:
        stock = make_api_get_request('stock')
        return render_template('tables_obra_stock.html', stock=stock,
username=request.cookies.get('username'), error_message='Erro ao apagar
stock')

    return redirect('/stock')
```

Esta rota permite que `fornecedore` `trabalhador_de_fabrica` eliminem itens do stock. O produto a ser eliminado é especificado no formulário.

Cliente 2: Gestão de Contactos de Clientes

Esta aplicação gere os contactos de clientes, permitindo visualizar, atualizar e eliminar essas informações. As permissões são restritas a `vendedor` e `diretor_de_obra`.

- **Visualizar Contactos**:

```
@app.route('/contacto_clientes', methods=['GET'])
@check_permission(['vendedor', 'diretor_de_obra'])
def contactos_clientes():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')

    url = 'http://127.0.0.1:5020/api/contacto_clientes'
    headers = {'Authorization': 'Bearer ' +
request.cookies.get('access_token')}
    response = requests.get(url, headers=headers)

    if response.status_code != STATUS_CODE['SUCCESS']:
        return redirect('/login')
    return render_template('tables_clients_contactos.html',
contactos=response.json(), username=request.cookies.get('username'))
```

Esta rota permite que `vendedor` e `diretor_de_obra` visualizem os contactos de clientes.

- **Atualizar Contactos**:

```
@app.route('/contacto_clientes/update', methods=['POST'])
@check_permission(['vendedor', 'diretor_de_obra'])
def contacto_clientes():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')

    client = request.form.getlist('nome')
    email = request.form.getlist('email')
    telefone = request.form.getlist('telefone')
    fax = request.form.getlist('fax')

    if not client or not email ou não telefone ou não fax:
        return redirect('/contacto_clientes')

    payload = [{'nome': client, 'email': email, 'telefone': telefone, 'fax':
fax} para client, email, telefone, fax in zip(client, email, telefone, fax)]
    url = 'http://127.0.0.1:5020/api/contacto_clientes'
    headers = {'Authorization': 'Bearer ' +
request.cookies.get('access_token')}
    response = requests.post(url, headers=headers, json=payload)
```

```
    if response.status_code != STATUS_CODE['SUCCESS']:
        return redirect('/login')
    return redirect('/contacto_clientes')
```

Esta rota permite que `vendedor` e `diretor_de_obra` atualizem os contactos de clientes. O payload é formado a partir dos dados enviados via formulário.

- **Eliminar Contactos**:

```
@app.route('/contacto_clientes/delete', methods=['POST'])
@check_permission(['vendedor', 'diretor_de_obra'])
def delete_contacto_clientes():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')

    client = request.form.get('nome_delete')
    email = request.form.get('email_delete')
    telefone = request.form.get('telefone_delete')
    fax = request.form.get('fax_delete')

    url = f'http://127.0.0.1:5020/api/contacto_clientes'
    headers = {'Authorization': 'Bearer ' +
request.cookies.get('access_token')}
    payload = {'nome': client, 'email': email, 'telefone': telefone, 'fax':
fax}

    response = requests.delete(url, headers=headers, json=payload)

    if response.status_code != STATUS_CODE['SUCCESS']:
        return redirect('/login')

    return redirect('/contacto_clientes')
```

Esta rota permite que `vendedor` e `diretor_de_obra` eliminem os contactos de clientes. As informações do contacto a ser eliminado são especificadas no formulário.

Cliente 3: Gestão do Estado da Obra

Esta aplicação gere o estado das obras, permitindo visualizar, atualizar e eliminar informações sobre o estado das obras. As permissões são restritas a `vendedor`, `tecnico_telecomunicacoes` e `diretor_de_obra`.

- **Visualizar Estado das Obras**:

```
@app.route('/obra_estado', methods=['GET'])
@check_permission(['vendedor', 'diretor_de_obra'])
def obra_estado():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')
```

```
    url = 'http://127.0.0.1:5020/api/obra_estado'
    headers = {'Authorization': 'Bearer ' +
request.cookies.get('access_token')}
    response = requests.get(url, headers=headers)

    if response.status_code != 200:
        return redirect('/login')
    return render_template('tables_obra_estado.html',
estados=response.json(), username=request.cookies.get('username'))
```

Esta rota permite que `vendedor` e `diretor_de_obra` visualizem o estado das obras.

- **Atualizar Estado das Obras**:

```
@app.route('/obra_estado/update', methods=['POST'])
@check_permission(['vendedor', 'tecnico_telecomunicacoes'])
def update_obra_estado():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')

    construction = request.form.getlist('obra')
    state = request.form.getlist('estado')

    if not construction ou not state:
        return redirect('/obra_estado')

    payload = [{'construction': c, 'state': s} para c, s in
zip(construction, state)]
    url = 'http://127.0.0.1:5020/api/obra_estado'
    headers = {'Authorization': 'Bearer ' +
request.cookies.get('access_token')}
    response = requests.post(url, headers=headers, json=payload)

    if response.json()['status'] != STATUS_CODE['SUCCESS']:
        return redirect('/login')
    return redirect('/obra_estado')
```

Esta rota permite que `vendedor` e `tecnico_telecomunicacoes` atualizem o estado das obras

. O payload é formado a partir dos dados enviados via formulário.

- **Eliminar Estado das Obras**:

```
@app.route('/obra_estado/delete', methods=['POST'])
@check_permission(['vendedor', 'tecnico_telecomunicacoes'])
def delete_obra_estado():
    if ('access_token' and 'refresh_token') not in request.cookies:
        return redirect('/')
```

```
    construction = request.form.get('obra_delete')
    state = request.form.get('estado_delete')

    url = 'http://127.0.0.1:5020/api/obra_estado'
    headers = {'Authorization': 'Bearer ' +
request.cookies.get('access_token')}
    payload = {'construction': construction, 'state': state}

    response = requests.delete(url, headers=headers, json=payload)

    if response.json()['status'] != STATUS_CODE['SUCCESS']:
        return redirect('/login')
    return redirect('/obra_estado')
```

Esta rota permite que `vendedor` e `tecnico_telecomunicacoes` eliminem informações de estado das obras. As informações do estado a ser eliminado são especificadas no formulário.

Permissões Definidas pelos Papéis

As permissões são geridas pelo decorador `@check_permission()`, que garante que apenas utilizadores com os papéis adequados possam aceder a certas funcionalidades.

- **Trabalhador de Fábrica**: Pode visualizar e atualizar o stock.
- **Vendedor**: Pode visualizar o stock, contactos de clientes e estado das obras; pode atualizar e eliminar contactos de clientes e estado das obras.
- **Fornecedor**: Pode atualizar e eliminar o stock.
- **Diretor de Obra**: Pode visualizar, atualizar e eliminar o stock, contactos de clientes e estado das obras.
- **Técnico de Telecomunicações**: Pode atualizar e eliminar o estado das obras.

Cada aplicação cliente possui as suas funcionalidades específicas e restringe o acesso conforme definido pelas permissões associadas aos papéis dos utilizadores. Isso garante que apenas os utilizadores autorizados possam realizar determinadas ações, mantendo a segurança e a integridade do sistema.

IdP (*Identity Provider*)

OAuth 2.0

Assim como foi referido anteriormente na primeira parte do relatório, o fluxo escolhido para o processo de autenticação foi o *Authorization Code flow*.

Sempre que o utilizador tenta **autenticar-se**, o fluxo de mensagens é o seguinte:

1. *Client* **redireciona** o utilizador para o *IdP* para autenticação, enviando o `client_id`, `response_type`, `redirect_uri` e `scope` (`/authorize` *endpoint*);
2. *IdP* **autentica** o utilizador e **redireciona** (usando o uri de redirecionamento) o utilizador para o *Client* com o `authorization_code`;
3. Já com o `authorization_code`, o *Client* **envia** um pedido para o *IdP* para obter o *token* de acesso (`/access_token` *endpoint*), em conjunto com o `client_id`, `client_secret`, `grant_type` e `redirect_uri`;
4. *IdP* **verifica** o `authorization_code` e **envia** o *token* de acesso para o *Client*;

> Para que o fluxo se concretize **com sucesso**, o *Client* deve estar registado no *IdP* e o *state* deve ser mantido entre os pedidos, caso contrário, o pedido é considerado **inválido** devido a possíveis ataques de CSRF (*Cross-Site Request Forgery*).

> Este fluxo de mensagens encontra-se representado no diagrama presente na Figura 6.

Existem três tipos de **provas de autenticação**:

- **Algo que o utilizador sabe**: *passwords*, *PINs*, etc.;
- **Algo que o utilizador tem**: *smartcards*, *tokens*, etc.;
- **Algo que o utilizador é**: impressões digitais, reconhecimento facial, etc.

Para a implementação do sistema, foram utilizadas as seguintes provas de autenticação:

Challenge-Response

Aqui é feita uma abordagem com base em PIN enviado por SMS (**algo que o utilizador sabe**). Para isso foi guardada na base de dados, uma tabela com o *challenge response* de cada utilizador com a respetiva data e hora de criação. Durante a autenticação, é enviado um *challenge* ao utilizador, neste caso um nonce (*number used once*), que é uma string aleatória gerada pelo *IdP*.

A seguinte mensagens SMS é enviada através da API da *Twilio*:

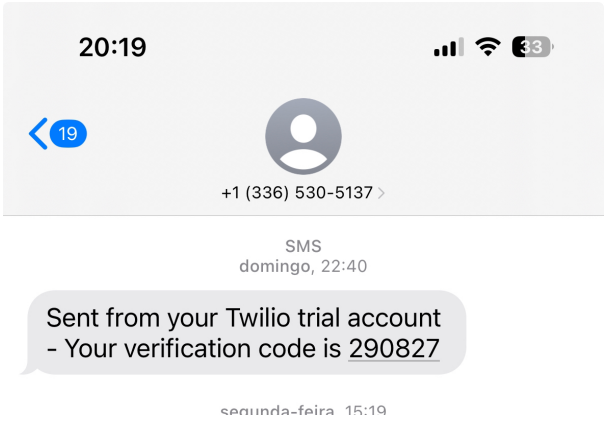


Figura 9 - Mensagem de SMS com o PIN de autenticação

O utilizador responde com o PIN recebido, junto com o *nonce*, sendo estes computados com uma função *digest* (SHA-256) e comparados com os valores guardados na base de dados.

Este fluxo encontra-se representado no seguinte diagrama:

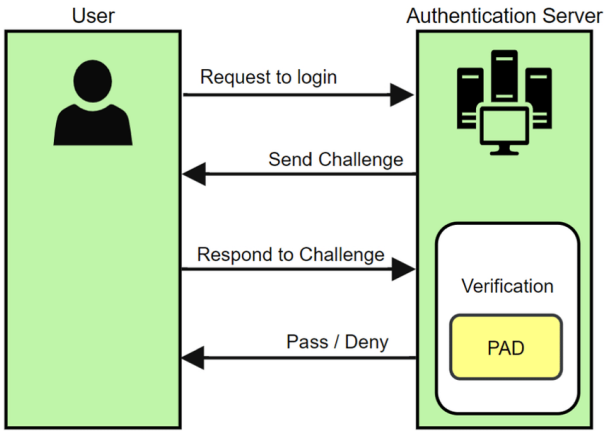


Figura 10 - Representação do protocolo de autenticação Challenge-Response

OTP (*One-Time Password*)

Para a implementação, foi utilizado a biblioteca `pyotp`, que permite a criação de códigos de autenticação com base no algoritmo `TOTP` (*Time-based One-Time Password*). Este algoritmo gera um código de autenticação que é válido apenas por um curto período de tempo, no caso **90 segundos**, e é gerado com base numa *seed* e no tempo atual.

A geração de um código de autenticação, recebe como argumentos a *seed* (que será o *salt* do utilizador) e o email do utilizador e devolve o código e o URI para a criação de um *QR Code*:

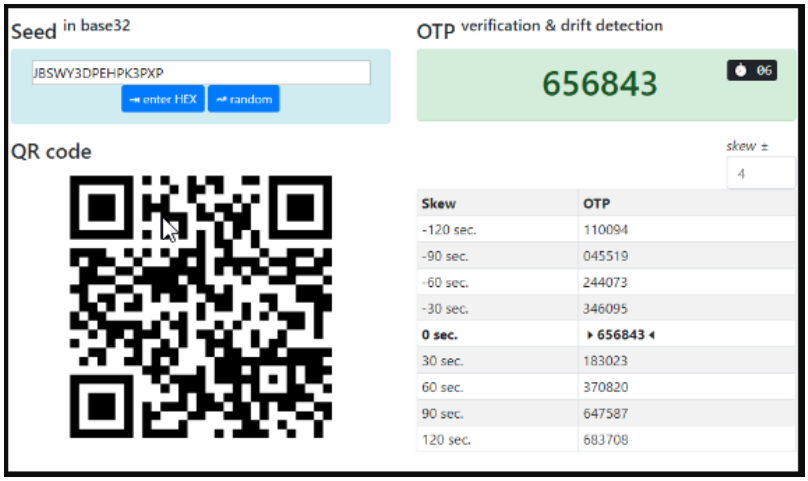


Figura 11 - Código de autenticação gerado com base no algoritmo TOTP

O *QR code* é gerado com base no URI, usando a biblioteca `qrcode`, e é guardado num *buffer* de imagem para ser enviado ao utilizador por email.

Para mandar o código de autenticação e o *QR code* por email, foi criada uma conta da Google para o envio de emails.

> Informação sobre como criar uma palavra-passe para a aplicação: Google - Criar uma palavra-passe para a aplicação

E foi utilizada a biblioteca `smtplib` para o envio de emails sobre o domínio do Gmail (`smtp.gmail.com`), obtendo assim o seguinte email de autenticação:

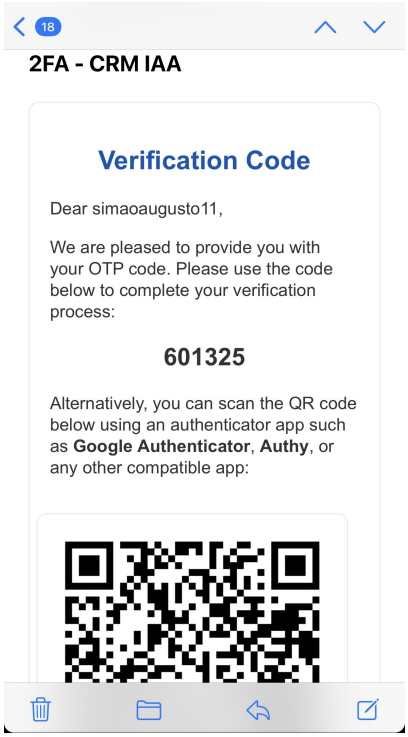


Figura 12 - Email de autenticação com o código de autenticação e o QR Code

> Os QRCodes gerados são compatíveis com aplicações como o *Google Authenticator*.

Autorização c/ *tokens* de acesso

Os *tokens* de acesso são gerados sobre o formato JWT (*JSON Web Token*), que contêm as seguintes informações:

- `username`: Nome do utilizador;
- `exp`: Validade do *token* (em segundos);
- `iss`: Emissor do *token* (Authorization Server);
- `aud`: Recetor do *token* (Resource Server).

Estes são assinados usando o algoritmo `RS256` (*RSA Signature with SHA-256*), que envolve a criação de um par de chaves pública/privada, onde a chave privada é usada para assinar o *token*.

> Este par de chaves foi gerado usando a ferramenta *OpenSSL* e encontram-se guardadas na diretoria `backend/keys/` em formato `.pem`.

Refresh Tokens

Estes *tokens* são usados para a renovação dos *tokens* de acesso, sem a necessidade de autenticação do utilizador. São *tokens* de longa duração, que são usados para obter um novo *token* de acesso, caso o *token* atual tenha expirado.

Para a implementação dos mesmos, foi criada uma classe no *Middleware* que verifica a validade do *token* de acesso a cada pedido feito pelas *Client Applications*. Caso o *token* de acesso tenha expirado, é feito um pedido ao *IdP* para a renovação do *token* de acesso, usando o *refresh token*.

O *refresh token* é guardado na base de dados, e é associado ao utilizador. Se o *refresh token* não for válido (não existir na base de dados ou a assinatura já ter expirado), esse *token* é revogado e o utilizador é

redirecionado para a página inicial, tendo de fazer novamente o processo autenticação.

O *refresh token* também é um *JWT*, que contém as seguintes informações:

- `username`: Nome do utilizador;
- `exp`: Validade do *token* (em segundos);
- `iss`: Emissor do *token* (Authorization Server);
- `aud`: Recetor do *token* (Resource Server);
- `type`: Tipo do *token* (*refresh*).

> Este *token* é também assinado usando o algoritmo `RS256`.

Integridade de *tokens*

Para validar a assinatura dos *tokens* de acesso, é feito através de **JWKS** (*JSON Web Key Set*), que contém todas as chaves públicas do *IdP*.

Exemplo de um *JWKS*:


```
{
  "keys": [
      {
        "alg": "RS256",
        "e": "AQAB",
        "kid": "authorization-server-key",
        "kty": "RSA",
        "n": "txlzMo9bXTK-
hCe8hKA0D2HR9imD0Xi_DtZrSGMwIehitrD_9H2EyBt50k5wBoS9s3Fnt42IdU09v8oR6gQ8EFWK7yndbD
gk8ADeKWtM1x0w7N20ClmI-
hd9yPABIwXfVuMfsX1eBA09_9xGiiXDw7sFRnQD8mYPFWp8AsNqCWfz2Fl7y3PbBFYS2IBAG_mFd9MLgQh
UPttASQ0biPQRQ7ORAp0Xm27OfKrO5Ukpuv-36-luKtLI-
1IwZ5mRr0OXqbiKINfMoa80TLfk77MMImj49genPeCAJq-
obVFk4pboHkXZ0XmY0X4v_BgCM4GZ53Sd8VI3F-i_KpJWcIgunQ",
        "use": "sig"
      }
  ]
}
```


Envolve a criação de um *endpoint* que retorna as chaves públicas do *IdP* usadas para assinar os *tokens* usando o algoritmo `RS256`. É feito da seguinte forma:

Figura 13 - Fluxo de mensagens para a obtenção das chaves públicas do IdP

> Mais informação sobre este *standard* (RFC 7517): Auth0 - JSON Web Key Set (JWKS)

> Conversor de JWK para PEM: JWK to PEM

Resource Server

Com base na tabela de mapeamento de recursos definida na primeira parte do trabalho, foram implementados os *endpoints* que permitem o acesso aos recursos, condicionado pelo nível de acesso do utilizador.

Validação de *tokens*

No *Resource Server*, é feita a validação do *token* de acesso, verificando a assinatura do *token* com a chave pública do *IdP*, da seguinte forma:

```
def verify_token(f):
    @wraps(f)
    def wrapper(*args, **kwargs):
        token = request.headers.get('Authorization')
        if not token:
            return jsonify({'error_message': 'Missing Authorization header'}),
STATUS_CODE['UNAUTHORIZED']

        token = token.split(' ')[1]
        public_key = get_public_key()
        try:
            decoded_token = jwt.decode(token, public_key, algorithms=['RS256'])
            request.decoded_token = decoded_token
            return f(*args, **kwargs)
        except jwt.ExpiredSignatureError:
            return jsonify({'error_message': 'Token has expired'}),
STATUS_CODE['UNAUTHORIZED']
        except jwt.InvalidTokenError:
            return jsonify({'error_message': 'Invalid token'}),
STATUS_CODE['UNAUTHORIZED']
    return wrapper
```

Este *decorator* é aplicado a todos os *endpoints* que requerem autenticação (`@verify_token`), garantindo que apenas pedidos com *tokens* válidos têm acesso aos recursos.

Middleware

Para a implementação do **controlo de acesso**, foi criado um *middleware* que verifica o nível de acesso do utilizador e o recurso a que está a tentar aceder, e permite ou nega o acesso ao recurso, consoante o nível de acesso do utilizador.

Esta verificação é feita usando o *decorator* `check_permission`, que recebe uma lista de níveis de acesso e verifica se o nível de acesso do utilizador está presente na lista, da seguinte forma:

```
def check_permission(roles: list):
    def decorator(func):
        @wraps(func)
        def wrapper(*args, **kwargs):
            access_token = request.cookies.get('access_token')
            if access_token is None:
                return jsonify({"message": "No access token provided"}),
STATUS_CODE['FORBIDDEN']

            username = get_user(access_token)
            if username is None:
                return jsonify({"message": "No username provided"}),
STATUS_CODE['FORBIDDEN']

            user_role = get_user_role(username)
            if user_role is None:
                return jsonify({"message": "No role found"}),
STATUS_CODE['FORBIDDEN']

            if user_role not in roles:
                return jsonify({"message": "Unauthorized"}),
STATUS_CODE['FORBIDDEN']

            return func(*args, **kwargs)
        return wrapper
    return decorator
```

Este é aplicado a todos os *endpoints* que requerem controlo de acesso, garantindo que apenas utilizadores com o nível de acesso adequado têm acesso aos recursos, da seguinte forma:

```
@app.route('/exemplo', methods=['GET'])
@check_permission(['nivel_1', 'nivel_2', 'nivel_3'])
def get_resource():
    return resource
```

Todos os controlos anteriormente enumerados foram implementados no *Resource Server*, garantindo que apenas utilizadores autenticados e autorizados têm acesso aos recursos.

Por exemplo, na página de *dashboard* de cada uma das aplicações cliente, é possível visualizar os recursos disponíveis:

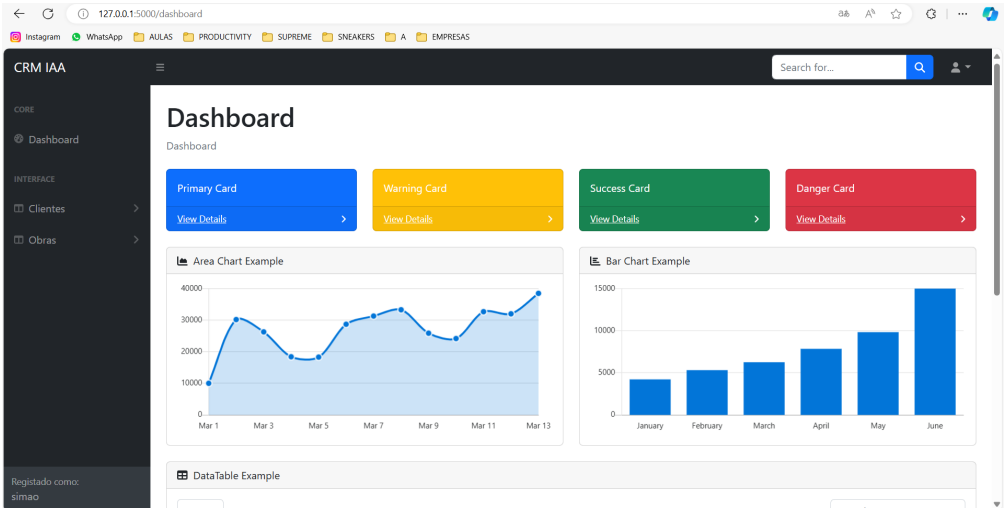


Figura 14 - Página de Dashboard de uma aplicação cliente

Onde se o utilizador não tenha permissão para aceder a um recurso, é apresentada uma mensagem de erro a informar que o acesso foi negado (HTTP 403):

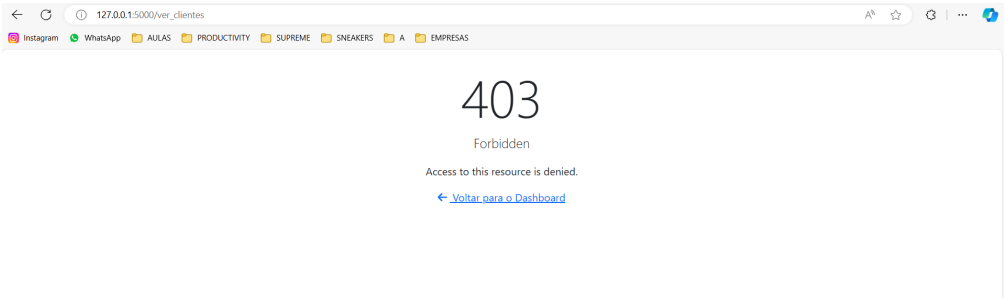


Figura 15 - Mensagem de erro de acesso negado

Caso o mesmo tenha permissão, é apresentado o recurso correspondente:

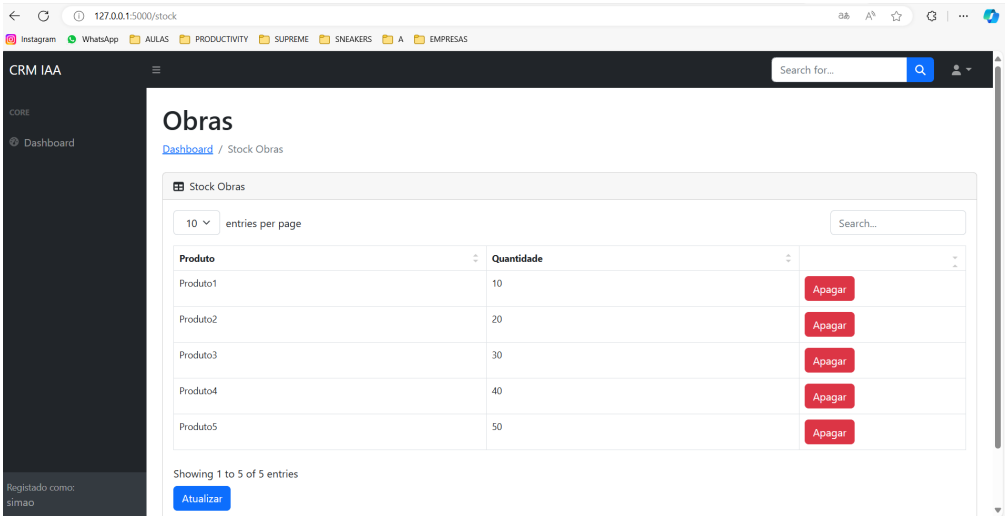


Figura 16 - Recurso disponível para o utilizador

Além disso, o *Resource Server* guarda *logs* de acesso a recursos, que contêm informações como o ip de origem do pedido, o tipo de pedido, o nível de acesso do utilizador, que podem ser usados para auditoria e análise de risco.

Logs: Armazenamento e Auditoria

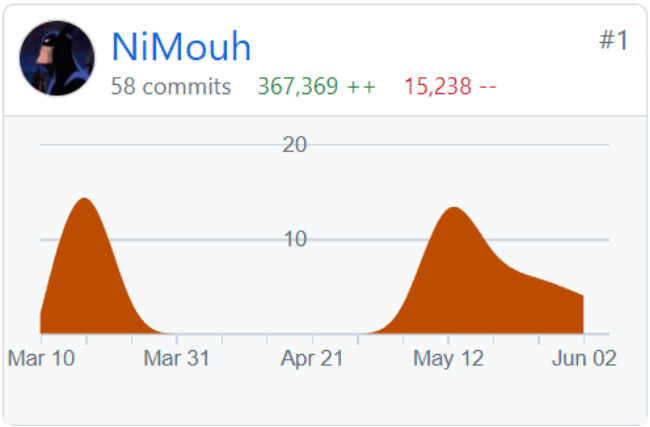
Os *logs*, tanto de autenticação (*Authorization Server*) como de acesso a recursos (*Resource Server*), são guardados na base de dados, contendo as seguintes informações, consoante o propósito do *log*:

Informação	**Auditoria**	**Análise de Risco**
Data e hora do pedido	x	x
IP de origem do pedido	-	x
Sucesso ou falha do pedido	x	x
Tipo de pedido	x	x
Nível de acesso do utilizador	x	x
Nome do utilizador	-	x

Existem dois tipos de *logs*:

- `ERROR`: *Logs* de erro, que contêm informações sobre pedidos que falharam;
  - `AUTHENTICATION_ERROR`: *Logs* de erro de autenticação, que contêm informações sobre pedidos de autenticação que falharam;
  - `ACCESS_ERROR`: *Logs* de erro de acesso, que contêm informações sobre pedidos de acesso a recursos que falharam.
- `INFO`: *Logs* de informação, que contêm informações sobre pedidos com sucesso.
  - `AUTHENTICATION_INFO`: *Logs* de informação de autenticação, que contêm informações sobre pedidos de autenticação com sucesso;
  - `ACCESS_INFO`: *Logs* de informação de acesso, que contêm informações sobre pedidos de acesso a recursos com sucesso.

Contribuições



A imagem acima mostra o esforço e a contribuição minha e do meu colega V1dal9 no projeto, destacando os commits individuais de cada um. No entanto, é importante mencionar que muitos dos nossos trabalhos foram

feitos em colaboração estreita. Frequentemente, trabalhamos juntos e discutimos as melhores abordagens e estratégias de implementação. Revisávamos mutuamente o código um do outro para garantir a qualidade e resolver problemas.

Conclusão

Com este trabalho, foi possível aprofundar os conhecimentos sobre processos de autenticação e autorização, bem como a implementação de sistemas de controlo de acesso, que são fundamentais para garantir a segurança dos sistemas de informação.

Em suma, todos os objetivos propostos para a segunda parte do trabalho foram alcançados, à exceção do *smartcard* que não foi implementado. O sistema foi desenvolvido com base nos princípios de integridade, autenticação e autorização, garantindo a segurança e a confidencialidade dos dados dos utilizadores.

Referências

- Auth0 - JSON Web Key Set (JWKS)
- Auth0 - Authorization Code Flow
- Auth0 - Which OAuth 2.0 Flow Should I Use?
- Auth0 - Refresh Tokens
- Auth0 - Revoke Refresh Tokens
- Authlib Documentation
- Bootstrap
- Flask Documentation
- Github - challenge-response-authentication example
- JWT.io
- PyOTP Documentation
- QRCode Documentation
- Twilio - Verify API