

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

José Carlos Lima Martins

**CLAV:
API de dados e Autenticação**

Maio 2020



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

José Carlos Lima Martins

**CLAV:
API de dados e Autenticação**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Informática

Dissertação realizada sob a orientação do Professor

José Carlos Leite Ramalho

Maio 2020

AGRADECIMENTOS

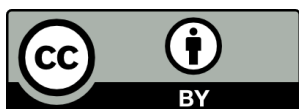
Write acknowledgements here

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Este trabalho está licenciado sob uma Licença **Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional**. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

ABSTRACT

The portuguese public administration has dematerialized processes and promoted the adoption of electronic document management systems as well as the scanning of documents intended to be archived. This measures aim to optimize and modernize administrative procedures and reduce paper usage.

In order to achieve these objectives and simplify the document management in public administration, **CLAV** was born as one of the measures. **CLAV**'s main purpose is the classification and evaluation of the public information in order to help the information systems of public entities, alerting them when certain documents must be filed or deleted. To this end, a common reference, called the *consolidated list* (**Lista Consolidada**), is used, with the business functions and processes of public entities associated with a catalog of legislation and entities.

This dissertation has as main objectives the **CLAV API** protection, the documentation for this **API**, adding export formats as well as the continued integration of **Autenticação.gov** into **CLAV** by adding the possibility of authentication with the *digital mobile key* (**Chave Móvel Digital**).

Keywords: CLAV, Swagger, CSV, XML, RDF, API, Authentication.gov, Documentation, API Gateway, Authentication

RESUMO

A [Administração Pública](#) portuguesa tem desmaterializado processos e tem promovido a adoção de sistemas de gestão documental eletrónica bem como a digitalização de documentos destinados a serem arquivados. Estas medidas pretendem atingir a otimização de processos, a modernização de procedimentos administrativos e a redução de papel.

Com o propósito de atingir estes objetivos e simplificar a gestão documental na [Administração Pública](#), a [Classificação e Avaliação da Informação Pública \(CLAV\)](#) nasce como uma das medidas. A [CLAV](#) tem como finalidade a classificação e a avaliação da informação pública por forma a auxiliar os sistemas de informação das entidades públicas alertando-as quando determinado documento deve ser arquivado ou eliminado. Para tal esta possui um referencial comum, a [Lista Consolidada](#), com as funções e processos de negócio das entidades públicas associadas a um catálogo de legislação e de organismos.

Esta dissertação tem como principais objetivos a proteção da [API](#) da [CLAV](#), a documentação desta [API](#), a adição de formatos exportação a esta bem como a continuação da integração do [Autenticação.gov](#) na [CLAV](#) ao adicionar a possibilidade de autenticação com a [Chave Móvel Digital](#).

Keywords: CLAV, Swagger, CSV, XML, RDF, API, Autenticação.gov, Documentação, API Gateway, Autenticação

CONTEÚDO

1	INTRODUÇÃO	2
1.1	Motivação	2
1.2	Objetivos	3
1.3	Estrutura da dissertação	4
2	ESTADO DA ARTE DA CLAV	5
2.1	Conceitos	5
2.2	Iniciativas Semelhantes à CLAV	5
2.3	Estrutura	5
2.4	Formas de autenticação	7
2.4.1	Registo	7
2.4.2	<i>Login</i>	9
3	ESTADO DA ARTE	11
3.1	JSON Web Token (JWT)	11
3.1.1	Estrutura do JWT	12
3.1.2	Criação de JWT/JWS	14
3.1.3	Alternativas ao JWT	15
3.2	Autenticação.gov	17
3.2.1	SAML 2.0	19
3.2.2	Especificação	19
3.3	Swagger	19
3.3.1	Especificação <i>OpenAPI</i>	21
3.3.2	<i>Swagger UI</i>	27
3.4	Documentação da API da CLAV	29
3.5	Exportação de dados	32
3.5.1	XML	33
3.5.2	CSV	37
3.5.3	Ontologia	40
3.6	Migração HTTP para HTTPS	43
3.6.1	Let's Encrypt	43
3.6.2	Nginx	43
3.6.3	acme.sh	43
3.7	API Gateway	43
3.7.1	Express Gateway	46
3.7.2	Kong	47
3.7.3	Molecular API Gateway	49

3.7.4	Tyk API Gateway	49
3.7.5	Nginx Plus	50
3.8	Instalação/Migração/Integração	51
3.8.1	Docker	51
3.8.2	Docker Compose	51
4	SOLUÇÃO	52
4.1	Proteção da API de dados	52
4.2	Autenticação através de CMD	55
4.3	Documentação	55
4.4	Exportação de dados	55
4.4.1	XML	55
4.4.2	CSV	56
4.4.3	Ontologia	61
4.4.4	Exportação na API de dados	62
4.5	API Gateway	63
4.5.1	Arquitetura	65
4.6	Migração de HTTP para HTTPS	66
4.7	Instalação/Migração/Integração	66
5	IMPLEMENTAÇÃO	67
5.1	Proteção da API com múltiplos níveis	67
5.2	Autenticação através de Chave Móvel Digital	69
5.3	Documentação	69
5.4	Exportação de dados	70
5.4.1	XML	70
5.4.2	CSV	70
5.4.3	Exportação da Ontologia	71
5.4.4	Exportação na API de dados	71
5.4.5	Interface de Exportação	72
5.5	API Gateway	72
5.5.1	Serviço de <i>Auth</i>	72
5.5.2	<i>Plugin external-auth</i>	73
5.5.3	Configuração <i>Kong</i>	74
5.5.4	Arquitetura	80
5.6	Migração de HTTP para HTTPS	81
5.7	Instalação/Migração/Integração	82
6	CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	83
A	ALGORITMOS	87
A.1	Conversor de JSON para XML	87
A.2	Conversor de JSON para CSV	89

B	EXEMPLOS	94
B.1	Conversão de JSON para XML	94
B.1.1	JSON a converter	94
B.1.2	XML gerado	95
B.2	Conversão de JSON para CSV	97
B.2.1	CSV gerado	97
C	<i>scripts</i>	98
C.1	Instalação do <code>acme.sh</code>	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura da CLAV incluindo a interação de um utilizador com a mesma	6
Figura 2	Estrutura evoluída da CLAV	6
Figura 3	Fluxo do <i>login</i> de um utilizador através do Autenticação.gov	10
Figura 4	Exemplo de representação compacta de JWT (quebra de linhas por forma a melhorar leitura)	12
Figura 5	Criação de um JWT	14
Figura 6	Criação de um JWS	15
Figura 7	Fluxo de pedidos entre a CLAV e o Autenticação.gov de forma a autenticar um utilizador na CLAV . [1]	18
Figura 8	<i>Swagger UI</i> exemplo	27
Figura 9	Arquitetura do <i>Express Gateway</i> . [7]	47
Figura 10	Arquitetura do <i>Kong</i> . [7]	48
Figura 11	Arquitetura do <i>Tyk</i> . [17]	50
Figura 12	Fluxo de autenticação e posteriores pedidos de um utilizador	53
Figura 13	Fluxo de autenticação e posteriores pedidos de uma chave API	54
Figura 14	Arquitetura a desenvolver com API Gateway	65
Figura 15	Arquitetura desenvolvida com API Gateway	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação entre especificações de documentação de APIs	27
Tabela 2	Comparação entre ferramentas de APIs	28
Tabela 3	Rotas com exportação, formatos de saída disponíveis para cada rota e valores a usar por forma a exportar nesse formato de saída	62
Tabela 4	Comparação entre API Gateways [18, 16, 17]	64

LISTA DE EXEMPLOS

3.1	<i>Header</i> usado para construir o JWT da figura 4	12
3.2	<i>Payload</i> usado para construir o JWT da figura 4	14
3.3	<i>Signature</i> usado para construir o JWT da figura 4	14
3.4	Exemplo de indicação da versão da especificação <i>OpenAPI</i>	21
3.5	Exemplo de secção info indicando título, descrição e versão da API na especificação <i>OpenAPI</i>	21
3.6	Exemplo de secção servers indicando os <i>URLs</i> e a descrição de cada na especificação <i>OpenAPI</i>	21
3.7	Exemplo de secção paths indicando os detalhes de cada rota na especificação <i>OpenAPI</i>	22
3.8	Exemplo de secção tags definindo tags na especificação <i>OpenAPI</i>	23
3.9	Exemplo de uso de <i>tags</i> numa rota na especificação <i>OpenAPI</i>	23
3.10	Exemplo de adição de exemplos para XML e HTML na especificação <i>OpenAPI</i>	25
3.11	Exemplo de uso do swagger-ui-express	29
3.12	Exemplo de uso do yaml-include no documento de especificação <i>OpenAPI</i> (<i>index.yaml</i>)	30
3.13	Exemplo de estrutura dos ficheiros para gerar o documento de especificação <i>OpenAPI</i>	31
3.14	Documento de especificação <i>OpenAPI</i> gerado a partir do ficheiro <i>index.yaml</i> com o uso da <i>package</i> yaml-include	31
3.15	Pequeno exemplo em XML	33
3.16	Exemplo em JSON a converter	34
3.17	Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor xml-js	35
3.18	Código para a construção em XML do exemplo 3.15 usando o xmlbuilder	36
3.19	Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor xmlbuilder	36
3.20	Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor xml2js	37
3.21	Pequeno exemplo em CSV	38
3.22	Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor papaparse	38
3.23	Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor json2csv	39
3.24	Outro exemplo em JSON a converter	39
3.25	Resultado da conversão do exemplo 3.24 usando o conversor json2csv	40
3.26	Resultado pretendido da conversão do exemplo 3.24	40
5.1	Verificação se um pedido com uma determinada Chave API pode ser efetuado	67
5.2	Verificação se um pedido com um determinado <i>token</i> de um utilizador registado pode ser efetuado	68
5.3	Extração do <i>token</i> da <i>query string</i>	68

5.4	Extração do <i>token</i> da <i>header Authorization</i>	68
5.5	Verificação se um utilizador registado tem permissões suficientes para aceder a uma determinada rota	69
5.6	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : API de dados	75
5.7	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : <i>plugin cors</i>	75
5.8	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : <i>plugin rate-limiting</i>	76
5.9	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : <i>plugin proxy-cache</i>	76
5.10	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : <i>plugin response-transformer</i>	76
5.11	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : Rota da documentação	77
5.12	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : <i>plugin acme</i>	78
5.13	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : Serviço para a geração de certificados TLS	78
5.14	Configuração declarativa do <i>Kong</i> : Serviço para a geração de certificados TLS	79
5.15	Configurações do <i>Nginx</i> no ficheiro de configuração <code>.conf</code>	79
A.1	Algoritmo de conversão de JSON para XML	87
A.2	Algoritmo de conversão de JSON para CSV	89
B.1	JSON exemplo a converter	94
B.2	XML resultante da conversão do JSON presente em B.1.1	95
B.3	CSV resultante da conversão do JSON presente em B.1.1	97
C.1	<i>Script</i> de instalação do <code>acme.sh</code>	98

GLOSSÁRIO

Application Programming Interface Interface ou protocolo de comunicação entre um cliente e um servidor [xiv](#)

ontologia Representação de conhecimento (conceitos e as relações entre estes conceitos) [2](#)

SIMPLEX Programa de Simplificação Administrativa e Legislativa [2](#)

LISTA DE ACRÔNIMOS

- AD** Administrador de Distrito 7
- AEAD** Authenticated Encryption with Additional Data 16
- AMA** Agência para a Modernização Administrativa 18
- AP** Administração Pública v, xiv, 2, 17
- API** Application Programming Interface iv–vii, ix–xii, xv, 2, 3, 5–10, 19–22, 26–32, 43–55, 61–78, 81, 83, *Glossary: Application Programming Interface*
- aws** Amazon Web Services 46
- BD** Base de Dados 42, 43, 61, 63
- CA** Certificate Authority 81, 82
- CC** Cartão de Cidadão 7, 9, 17, 18
- CLAV** Classificação e Avaliação da Informação Pública iv–vi, ix, 2, 3, 5–9, 11, 16–20, 29–31, 45, 49, 61–63, 65, 69, 70, 81, 83
- CLI** Command-Line Interface 47, 63, 64
- CMD** Chave Móvel Digital iv, v, vii, 17, 55, 83
- CORS** Cross-Origin Resource Sharing 46, 48–50, 63, 64, 75
- CPU** Central Processing Unit 51
- CSS** Cascading Style Sheets 5, 20
- CSV** Comma Separated Values vi–viii, xi, xii, 3, 32, 37–39, 56–59, 61–63, 70, 71, 89–93, 97
- DDoS** Distributed Denial of Service 45, 51
- DF** Diffie-Hellman 82
- DGLAB** Direção-Geral do Livro, dos Arquivos e das Bibliotecas 2, 8, 9
- DOM** Document Object Model 37
- GUI** Graphical User Interface 47, 48, 50, 63, 64
- HMAC** Hash-based Message Authentication Code 11, 12, 15, 16, 83
- HTML** Hypertext Markup Language xi, 5, 20, 25
- HTTP** Hypertext Transfer Protocol vii, 24–26, 31, 42, 43, 45, 49, 52, 72, 74–76, 79, 81
- HTTPS** Hypertext Transfer Protocol Secure vii, 46, 48–50, 63, 64, 75, 78, 79, 81
- iAP** Interoperabilidade na Administração Pública 3, 83
- IETF** Internet Engineering Task Force 16
- IP** Internet Protocol 76
- JOSE** JSON Object Signing and Encryption 12

- JSON** JavaScript Object Notation vi–viii, xi, xii, xiv, xv, 3, 11–16, 21, 27, 30, 32, 34–40, 42, 43, 45, 48, 49, 55, 56, 61–63, 70, 71, 74, 76, 87–97
- JSON-LD** JavaScript Object Notation for Linked Data 32, 43, 61, 62, 70
- JWE** JSON Web Encryption 11, 16
- JWS** JSON Web Signature vi, ix, 11, 14–16, 83
- JWT** JSON Web Token vi, ix, xi, 9–16, 46, 48, 50–52, 63, 64, 72, 83
- LC** Lista Consolidada iv, v, 2, 3
- MIME** Multipurpose Internet Mail Extensions 43
- N3** Notation3 43
- NIC** Número de Identificação Civil 8, 17
- NPM** Node Package Manager 32, 34, 38
- NSA** National Security Agency 12
- OAS** OpenAPI Specification 19, 20
- OASIS** Organization for the Advancement of Structured Information Standards 19
- OCSP** Online Certificate Status Protocol 18
- OS** Operating System 79
- OWL** Web Ontology Language 42
- PDF** Portable Document Format 5
- PIN** Personal Identification Number 17, 18
- PKI** Public Key Infrastructure 17, 18
- POSIX** Portable Operating System Interface 13
- RAML** RESTful API Modeling Language 26–28
- RDF** Resource Description Framework i, xv, 3, 32, 42, 43, 61, 62, 70
- REST** Representational State Transfer xv, 2, 20, 21, 27, 29, 43, 47, 49, 50
- RIF** Rule Interchange Format 42
- RSA** Rivest–Shamir–Adleman 11, 12, 83
- SAIL** Storage And Inference Layer 43
- SAML** Security Assertion Markup Language vi, 15, 16, 18, 19
- SDK** Software Development Kit 20
- SHA-2** Secure Hash Algorithm 2 12
- SKOS** Simple Knowledge Organization System 42
- SMS** Short Message Service 17
- SOAP** Simple Object Access Protocol 42
- SPARQL** SPARQL Protocol and RDF Query Language xv, 42, 43, 45
- SQL** Structured Query Language 45
- SSL** Secure Sockets Layer 81

SSO Single Sign On 11, 19

SWT Simple Web Token 15

TLS Transport Layer Security xii, 45, 79, 81

Turtle Terse **RDF** Triple Language 32, 43, 61, 62, 70

UI User Interface vi, ix, 20, 21, 27–30, 32, 55, 83

UM Universidade do Minho 2

URL Uniform Resource Locator 22, 43

W3C World Wide Web Consortium 42, 43

WWW World Wide Web 41

XML Extensible Markup Language vi–viii, xi, xii, 3, 15, 16, 19, 25, 32–37, 42, 43, 45, 55, 56, 61, 62, 70, 71, 87, 88, 94–97

XSLT Extensible Stylesheet Language Transformations 45

YAML **YAML** Ain't Markup Language i, 20, 21, 27, 30, 32, 46–48, 74

INTRODUÇÃO

Vemos atualmente a mudança de paradigma em várias organizações e governos em relação a políticas e estratégias para a disponibilização de dados abertos nos domínios das ciências e da [Administração Pública \(AP\)](#). Quanto à [Administração Pública](#) portuguesa têm sido promovidas políticas para a sua transformação digital com o objetivo de otimização de processos, a modernização de procedimentos administrativos e a redução de papel. De certa forma a agilização de procedimentos da [Administração Pública](#) portuguesa. [15]

De forma a alcançar estes objetivos a [Administração Pública](#) tem desmaterializado processos e tem promovido a adoção de sistemas de gestão documental eletrónica bem como da digitalização de documentos destinados a serem arquivados. [15]

Por forma a continuar esta transformação da [AP](#) a [Direção-Geral do Livro, dos Arquivos e das Bibliotecas \(DGLAB\)](#) apresentou a iniciativa da [Lista Consolidada \(LC\)](#) para a classificação e avaliação da informação pública. A [LC](#) serve de referencial para a construção normalizada dos planos de classificação e tabelas de seleção das entidades que executam funções do Estado. [15]

Nasce assim o projeto [Classificação e Avaliação da Informação Pública \(CLAV\)](#) com um dos seus objetivos primordiais a operacionalização da utilização da [LC](#), numa colaboração entre a [DGLAB](#) e a [Universidade do Minho \(UM\)](#) e financiado pelo [SIMPLEX](#). [15]

A plataforma [CLAV](#) disponibiliza em formato aberto uma [ontologia](#) com as funções e processos de negócio das entidades que exercem funções públicas (ou seja a [LC](#)) associadas a um catálogo de legislação e de organismos. Desta forma, a [CLAV](#) viabiliza a desmaterialização dos procedimentos associados à elaboração de tabelas de seleção tendo como base a [LC](#) e ao controlo de eliminação e arquivamento da informação pública através da integração das tabelas de seleção nos sistemas de informação das entidades públicas alertando-as quando determinado documento deve ser arquivado ou eliminado. Esta integração promove também a interoperabilidade através da utilização de uma linguagem comum (a [LC](#)) usada no registo, na classificação e na avaliação da informação pública. [15]

1.1 MOTIVAÇÃO

A continuação do desenvolvimento da [API](#) de dados da [CLAV](#) nesta dissertação, seguindo uma metodologia [REST](#)¹, permite a processos ou aplicações aceder aos dados sem a interven-

¹Mais informação em https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm

ção humana para além de suportar a plataforma [CLAV](#). Um dos objetivos da [API](#) de dados é permitir futuramente a criação de novas aplicações através desta. Como tal, é extremamente essencial que a [API](#) de dados do [CLAV](#) possua uma boa documentação ajudando futuros programadores ou utilizadores a utilizar a [API](#). Além disso, uma [API](#) sem uma boa documentação de como a usar é inútil. Advém daí a necessidade de nesta dissertação realizar a documentação da [API](#) de dados em *Swagger*.

Apesar de o projeto ter em mente a disponibilização aberta de informação pública é necessário controlar a adição, edição e eliminação da informação presente na [Lista Consolidada](#), bem como a informação de utilizadores, da legislação, das entidades, etc, mantendo-a consistente e correta. É, portanto, necessário controlar os acessos à [API](#) de dados com múltiplos níveis de acesso restringindo as operações que cada utilizador pode realizar consoante o seu nível. Desta forma garante-se que apenas pessoal autorizado pode realizar modificações aos dados.

Este controlo de acesso exige a existência de formas de autenticação. Como um cofre para o qual ninguém tem a chave não é útil pelo facto de que algo lá guardado ficará eternamente inacessível, também algo com controlo de acesso seria inútil caso não fosse possível ultrapassar esse controlo de alguma forma. Assim, uma das formas de autenticação usadas, Autenticação.gov, criada pelo Estado português, permite a autenticação dos cidadãos portugueses nos vários serviços públicos [2] entre os quais, a Segurança Social, o Serviço Nacional de Saúde e a Autoridade Tributária Aduaneira. Sendo este um projeto do Governo Português, a autenticação na [CLAV](#) através do Autenticação.gov é um requisito.

Por forma a contrariar o aumento da complexidade da [API](#) de dados com a adição do controlo de acesso e da autenticação pretende-se investigar se a criação de um API Gateway simplifica a comunicação entre interface/utilizadores e a [API](#) de dados.

1.2 OBJETIVOS

Resumidamente, os objetivos desta dissertação são:

- Documentação em *Swagger* da [API](#) de dados da [CLAV](#)
- Adição de formatos de exportação à [API](#) de dados da [CLAV](#) (para além do já presente [JSON](#), adicionar [CSV](#), [XML](#) e [RDF](#))
- (Continuação da) Integração do Autenticação.gov na [CLAV](#)
- Proteção da [API](#) de dados da [CLAV](#) com múltiplos níveis de acesso
- Criação de um [API](#) Gateway na [CLAV](#)
- Integração da [CLAV](#) no iAP

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

TODO

ESTADO DA ARTE DA CLAV

Quando esta dissertação teve início o projeto [CLAV](#) já tinha cerca de 2 anos de desenvolvimento. Assim nesta secção será apresentado o estado da arte do [CLAV](#) quando esta dissertação iniciou aprofundando principalmente os pontos mais importantes sobre o tema desta dissertação.

2.1 CONCEITOS

TODO O que é a a classificação e a avaliação o que é um processo de negócio exemplos

2.2 INICIATIVAS SEMELHANTES À CLAV

TODO

2.3 ESTRUTURA

A [CLAV](#) está dividida em duas partes:

- interface (*front-end*) presente em <http://clav.dglab.gov.pt>
- [API](#) de dados (*back-end* que inclui também duas bases de dados, *GraphDB* e *MongoDB*) presente em <http://clav-api.dglab.gov.pt>.

Cada parte encontra-se numa máquina diferente.

Através da figura 1 é possível ver o possível fluxo tanto de um utilizador a aceder à interface como a de um utilizador a aceder diretamente à [API](#) de dados. No primeiro caso, quando um utilizador acede o servidor da interface da [CLAV](#) é descarregado para o lado do utilizador o ficheiro [HTML](#) (*index*) e os vários ficheiros *JavaScript*, [CSS](#) e *assets* (como imagens, [PDFs](#), etc) quando necessários. O servidor da interface é nada mais que um servidor *web* com recurso ao *Nginx* que hospeda estes ficheiros, os quais representam a interface construída com o *Vue* e o *Vuetify*. Como tal o código apresenta-se todo do lado do utilizador e os pedidos à [API](#) serão feitos do computador do utilizador para o servidor da [API](#) de dados e não do servidor da interface para o servidor da [API](#) de dados. Ou seja, o fluxo de cada um desses pedidos será igual ao fluxo no caso em que se acede diretamente a [API](#) sem uso de qualquer interface.

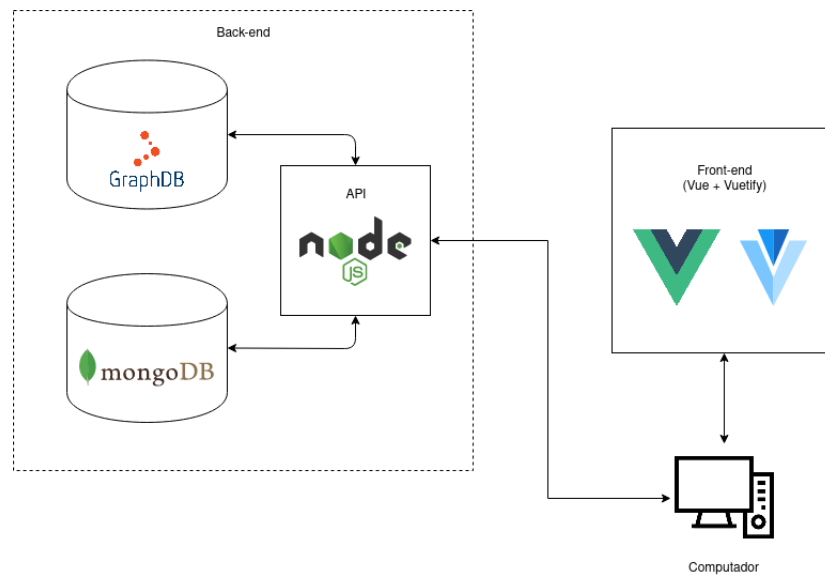


Figura 1: Estrutura da [CLAV](#) incluindo a interação de um utilizador com a mesma

Esta estrutura evoluiu depois para a estrutura presente na figura 2 em que tanto a interface como o *back-end* estão “por trás” do *Nginx* o que leva a que todos os pedidos passem por este, seja para obter a interface (onde o *Nginx* devolve esta) como para aceder a [API](#) de dados (onde o *Nginx* reencaminha o pedido para a [API](#)).

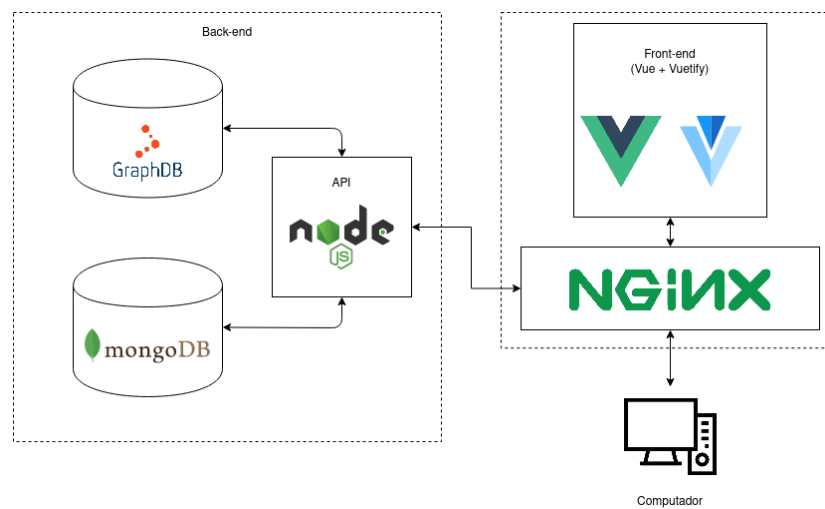


Figura 2: Estrutura evoluída da [CLAV](#)

TODO: Explicar onde está cada informação: ontologia, utilizadores, classes, etc

2.4 FORMAS DE AUTENTICAÇÃO

A [API](#) de dados e a interface estavam inicialmente “juntas” (aplicação monolítica) onde as rotas eram protegidas contudo, com a separação da aplicação em duas partes, ambas partes deixaram de estar protegidas. Devido à plataforma já ter estado protegida esta já possui duas formas de autenticação, através de chaves [API](#) e através de utilizadores registados. Ou seja, tanto o registo de utilizadores e de chaves API já se encontra implementado bem como o *login* de utilizadores.

As chaves [API](#) existem por forma a dar acesso a certas rotas da [API](#) a aplicações que interajam com a mesma (por exemplo sistemas de informação) sem a necessidade de interação humana.

Já os utilizadores possuem múltiplos níveis de acesso sendo que consoante o seu nível podem ou não aceder a uma rota da interface ou da [API](#). Os utilizadores podem se autenticar através de *email* e *password* ou com recurso ao [Cartão de Cidadão \(CC\)](#) através do Autenticação.gov, este último apenas disponível através da interface da [CLAV](#).

A hierarquia dos níveis de acesso, do nível que permite menor para o maior acesso, é a seguinte:

- Nível 0: Chaves API
- Nível 1: Representante Entidade
- Nível 2: Utilizador Simples
- Nível 3: Utilizador Avançado
- Nível 3.5: Utilizador Validador ([AD](#))
- Nível 4: Utilizador Validador
- Nível 5: Utilizador Decisor
- Nível 6: Administrador de Perfil Funcional
- Nível 7: Administrador de Perfil Tecnológico

As chaves [API](#) poderão aceder a algumas rotas com método `GET`. Já os utilizadores poderão realizar todos os pedidos que as chaves [API](#) podem realizar mas quanto maior o seu nível de acesso mais rotas poderão aceder.

A proteção da [API](#) terá de ter esta hierarquia em conta.

2.4.1 *Registo*

Como já referido, tanto o registo de chaves [API](#) como de utilizadores já se encontra implementado.

Para o registo de uma chave [API](#) é necessário providenciar um nome, um email e a entidade a que pertence. Após o registo da chave a informação desta chave [API](#) é mantida numa base de dados *MongoDB*.

Um utilizador pode se registar através de `email + password` ou através do Autenticação.gov. No primeiro caso, ao se registar necessita obviamente de indicar o seu email, a *password*, o seu nome, a entidade a que pertence e o nível de acesso que pretende. Já no caso do Autenticação.gov para o registo do utilizador é necessário todos os campos anteriores exceto a *password* (pode ser depois definida), sendo também necessário o campo [Número de Identificação Civil \(NIC\)](#) do utilizador. Caso o registo seja efetuado com recurso à interface do Autenticação.gov apenas será necessário indicar o email, a entidade a que pertence e o nível de acesso que pretende visto que os restantes campos são fornecidos pela Autenticação.gov quando o utilizador se autentica e autoriza a partilha dessa informação com a plataforma da [CLAV](#). A *password* é armazenada não na sua forma literal mas sim a sua *hash* ao aplicar a função criptográfica `bcrypt`. A utilização de funções de *hash* criptográficas ao armazenar *passwords* impede que as *passwords* originais se saibam caso a base de dados seja comprometida. Para além disso, como o `bcrypt` combina um valor aleatório (`salt`) com a *password* do utilizador, é impossível pré-computar a *password* que deu origem ao *hash* sem saber o `salt`¹.

Durante esta tese com a proteção da [API](#) ficará apenas possível o registo de utilizadores através de utilizadores que já estejam registados e possuam um nível de acesso suficiente para registar utilizadores. Estes utilizadores registados e autorizados pertencem à entidade [DGLAB](#). Portanto por forma a utilizadores representantes de outras entidades se registarem na plataforma terão de: [4]

- Preencher o formulário disponibilizado para o efeito, para cada representante designado pela entidade;
- O formulário deverá ser assinado por um dirigente superior da Entidade e autenticado com assinatura digital, se o envio for feito por via eletrónica (NB: não serão aceites assinaturas do formulário por dirigentes intermédios). Esta autorização autenticada pelo dirigente superior é o equivalente a uma delegação de competências, uma vez que o representante da entidade passa a ter capacidade para, em nome da entidade, submeter autos de eliminação, propostas de tabelas de seleção e novas classes para a Lista Consolidada;
- O formulário deverá ser remetido à [DGLAB](#) por via postal ou eletrónica, respetivamente, para:
 - [DGLAB](#), Edifício da Torre do Tombo, Alameda da Universidade, 1649-010 Lisboa (formulário assinado manualmente) ou
 - `clav@dglab.gov.pt` (formulário com assinatura digital).

¹Para mais informação veja *rainbow table attack*

- Após receção do formulário, a [DGLAB](#) efetuará o(s) respetivo(s) registo(s) até 48 horas úteis;
- Findo esse prazo, o utilizador poderá aceder à plataforma, selecionando a opção “Autenticação”;
- A autenticação, no primeiro acesso, deve ser efetuada com o [Cartão de Cidadão](#).

TODO: explicar melhor a parte de autenticação.gov

2.4.2 *Login*

O *login* apenas está presente para o caso dos utilizadores visto que assim que uma chave [API](#) é registada é enviado por email um [JWT](#) com a duração de 30 dias a ser usado nos pedidos a realizar à [API](#). O utilizador poderá ao fim dos 30 dias renovar a sua chave [API](#), onde é gerado um novo [JWT](#).

Portanto do lado dos utilizadores é possível como já referido realizar o *login* de duas formas através de uma estratégia local ou através do Autenticação.gov.

A estratégia local (`email + password`) é conseguida através do uso do *middleware Passport*. O *Passport* é um middleware de autenticação para *Node.js* que tem como objetivo autenticar pedidos. [26] Tem como única preocupação a autenticação delegando qualquer outra funcionalidade para a aplicação que a usa. Este *middleware* possui muitas estratégias de autenticação entre as quais a local (`email/username + password`), [JWT](#), *OAuth²*, *Facebook* ou *Twitter*. Cada estratégia está num módulo independente. Assim as aplicações que usam o *Passport* não terão um peso adicional devido a estratégias que nem sequer usam.

No caso do *login* através do Autenticação.gov, o utilizador tem de se autenticar na interface do Autenticação.gov (a partir do botão disponível na área de autenticação da interface do [CLAV](#)). O fluxo do *login* neste caso é:

²Protocolo *open-source* com o objetivo de permitir a autenticação simples, segura e padrão entre aplicações móveis, *web* e *desktop*

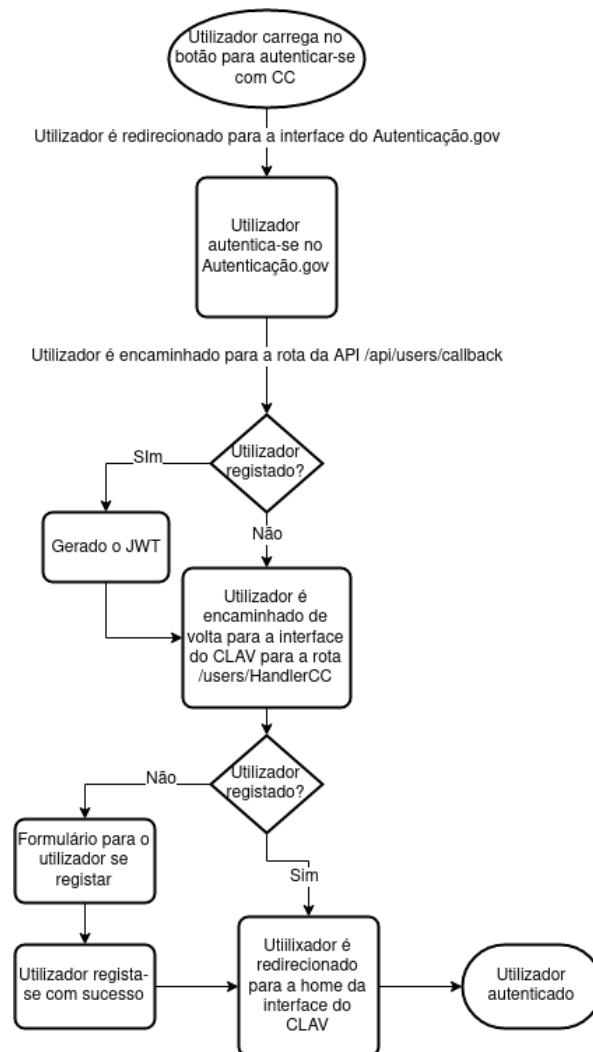


Figura 3: Fluxo do *login* de um utilizador através do Autenticação.gov

No *login* do utilizador é gerado um **JWT** com a duração de 8 horas que deve ser usado nos pedidos a realizar à **API**. No fim das 8 horas o utilizador necessita de se autenticar de novo.

TODO: explicar melhor a parte de autenticação.gov

ESTADO DA ARTE

3.1 JSON WEB TOKEN (JWT)

O **JWT** é um *open standard*¹ que define uma forma compacta e independente de transmitir com segurança informação entre partes com um objeto **JSON**. [3] O **JWT** pode ser assinado digitalmente (**JWS**), encriptado (**JWE**), assinado e depois encriptado (**JWS** encriptado, ou seja, um **JWE**, ordem recomendada²) ou encriptado e depois assinado (**JWE** assinado, ou seja, um **JWS**).

Caso seja assinado digitalmente é possível verificar a integridade da informação mas não é garantida a sua privacidade contudo podemos confiar na informação do **JWT**. A assinatura pode ser efetuada através de um segredo usando por exemplo o algoritmo **HMAC** ou através de pares de chaves pública/privada usando por exemplo o algoritmo **RSA**. No caso de se usar pares de chaves pública/privada a assinatura também garante que a parte envolvida que tem a chave privada é aquela que assinou o **JWT**.

Por outro lado, os **JWTs** podem ser encriptados garantindo a privacidade destes, escondendo a informação das partes não envolvidas. Nesta secção apenas se falará sobre **JWTs** e **JWSs** (**JWT** assinado). Se pretender saber mais sobre **JWEs** pode ler o capítulo 5 do livro *The JWT Handbook* por *Sebastián E. Peyrott*.

Sendo assim em que casos é útil o uso de **JWTs**? Dois dos casos são os seguintes:

- Autorização: Este será o caso para o qual o **JWT** será usado na **CLAV**. Quando o utilizador realiza o *login* gera-se um **JWT** por forma a que os restantes pedidos desse utilizador sejam realizados com esse **JWT** (**Single Sign On**). O uso de **JWTs** para estes casos permitem um *overhead* pequeno e a flexibilidade de serem usados em diferentes domínios.
- Troca de informação: No caso de troca de informação entre duas partes os **JWTs** assinados são de bastante utilidade visto que permitem verificar se o conteúdo não foi violado e, no caso de se usar pares de chaves pública/privada para assinar, permitem ter a certeza que o remetente é quem diz ser.

¹Mais informação em <https://tools.ietf.org/html/rfc7519>

²Mais informação em <https://tools.ietf.org/html/rfc7519#section-11.2>

3.1.1 Estrutura do JWT

Os JWTs são construídos a partir de três elementos, o *header* (objeto JSON também conhecido por *JOSE header*), o *payload* (objeto JSON) e os dados de assinatura/criptação (depende do algoritmo usado). Estes elementos são depois codificados em representações compactas (Base64 URL-safe³). As codificações Base64 URL-safe de cada elemento são depois concatenadas através de pontos dando origem a uma representação final compacta do JWT (*JWS/JWE Compact Serialization*). Na secção 3.1.2 está presente dois diagramas referentes à construção de dois JWTs sendo um deles assinado.

eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.
eyJ0eXciOiSm9zZW6kgTWfYdGlucyIsIm51bSI6ImE3ODgyMSJ9.
tRPSYVsFI-nziRPuAjdGZLN2tUez5MtLML_aAnPplgM

Figura 4: Exemplo de representação compacta de JWT (quebra de linhas por forma a melhorar leitura)

De seguida vamos aprofundar cada elemento referido:

Header: O cabeçalho (a vermelho na figura 4) consiste nos seguintes atributos:

- O atributo obrigatório (único campo obrigatório para o caso de um JWT não encriptado) **alg** (algoritmo) onde é indicado que algoritmo é usado para assinar e/ou descriptar. O seu valor pode ser por exemplo HS256 (HMAC com o auxílio do SHA-256⁴) ou RSA.
- O atributo opcional **typ** (tipo do *token*) em que o seu valor é “JWT”. Serve apenas para distinguir os JWTs de outros objetos que têm um JOSE header.
- O atributo opcional **cty** (tipo do conteúdo (*payload*)). Se o *payload* conter atributos arbitrários este atributo não deve ser colocado. Caso o *payload* seja um JWT⁵ então este atributo deve ter o valor de “JWT”.

O cabeçalho é de grande importância visto que permite saber se o JWT é assinado ou encriptado e de que forma o resto do JWT deve ser interpretado.

```
{
  "alg": "HS256",
  "typ": "JWT"
}
```

Exemplo 3.1: Header usado para construir o JWT da figura 4

³Variante da codificação Base64 onde a codificação gerada é segura para ser usada em URLs. Basicamente para a codificação Base64 gerada substitui os caracteres '+' e '/' pelos caracteres '-' e '_' respetivamente. Além disso, remove o caractere de *padding* e proíbe separadores de linha

⁴Função pertencente ao conjunto de funções *hash* criptográficas Secure Hash Algorithm 2 (SHA-2) desenhadas pela NSA

⁵JWT aninhado (*nested JWT*)

Payload: O *payload* (a roxo na figura 4) contém a informação/dados que pretendemos transmitir com o JWT. Não há atributos obrigatórios contudo existem certos atributos que têm um significado definido (atributos registados).

Existem 7 atributos registados (*registered claims*): [28]

- **iss** (*issuer*): Identificador único (*case-sensitive string*) que identifica unicamente quem emitiu o JWT. A sua interpretação é específica a cada aplicação visto que não há uma autoridade central que gere os emissores.
- **sub** (*subject*): Identificador único (*case-sensitive string*) que identifica unicamente de quem é a informação que o JWT transporta. Este atributo deve ser único no contexto do emissor, ou se tal não for possível, globalmente único. O tratamento do atributo é específico a cada aplicação.
- **aud** (*audience*): Identificador único (*case-sensitive string*) ou *array* destes identificadores únicos que identificam unicamente os destinatários pretendidos do JWT. Ou seja, quem lê o JWT se não estiver no atributo **aud** não deve considerar os dados contidos no JWT. O tratamento deste atributo também é específico a cada aplicação.
- **exp** (*expiration (time)*): Um número inteiro que representa uma data e hora específica no formato *seconds since epoch* definido pela POSIX⁶, a partir da qual o JWT é considerado inválido (expira).
- **nbf** (*not before (time)*): Representa o inverso do atributo **exp** visto que é um número inteiro que representa uma data e hora específica no mesmo formato do atributo **exp**, mas que a partir da qual o JWT é considerado válido.
- **iat** (*issued at (time)*): Um número inteiro que representa uma data e hora específica no mesmo formato dos atributos **exp** e **nbf** na qual o JWT foi emitido.
- **jti** (*JWT ID*): Identificador único (*string*) do JWT que permite distinguir JWTs com conteúdo semelhante. A implementação tem de garantir a unicidade deste identificador.

Estes atributos registados têm todos 3 caracteres visto que um dos requisitos do JWT é ser o mais pequeno/compacto possível.

Existem depois mais dois tipos de atributos, públicos e privados. Os atributos públicos podem ser definidos à vontade pelos utilizadores de JWTs mas têm de ser registados em *IANA JSON Web Token Claims registry* ou definidos por um espaço de nomes resistente a colisões de forma a evitar a colisão de atributos. Já os atributos privados são aqueles que não são nem registados nem públicos e podem ser definidos à vontade pelos utilizadores de JWTs. Os dois atributos usados no exemplo 3.2 (**name** e **num**) são atributos privados.

⁶Mais informação em https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/basedefs/V1_chap04.html#tag_04_16

```
{
  "name": "José Martins",
  "num": "a78821"
}
```

Exemplo 3.2: *Payload* usado para construir o JWT da figura 4

Signature: A assinatura (a azul na figura 4) é criada ao usar o algoritmo indicado na *header* no atributo **alg** tendo como um dos argumentos os elementos codificados da *header* e do *payload* juntos por um ponto e como outro argumento um segredo. O resultado do algoritmo é depois codificado em Base64 URL-safe. Esta assinatura no caso dos JWSs é usada para verificar a integridade do JWT e caso seja assinado com uma chave privada permite também verificar se o remetente é quem diz ser. No caso de o atributo **alg** for **none** a assinatura é uma **string** vazia.

```
 HMACSHA256 (
    base64UrlEncode(header) + "." +
    base64UrlEncode(payload),
    segredo1.-uminho!clav
  )
```

Exemplo 3.3: *Signature* usado para construir o JWT da figura 4

3.1.2 Criação de JWT/JWS

Na figura 5 é apresentada a construção de um JWT em que o atributo **alg** (algoritmo) tem o seu valor igual a **none**, ou seja, o JWT não é assinado nem encriptado.

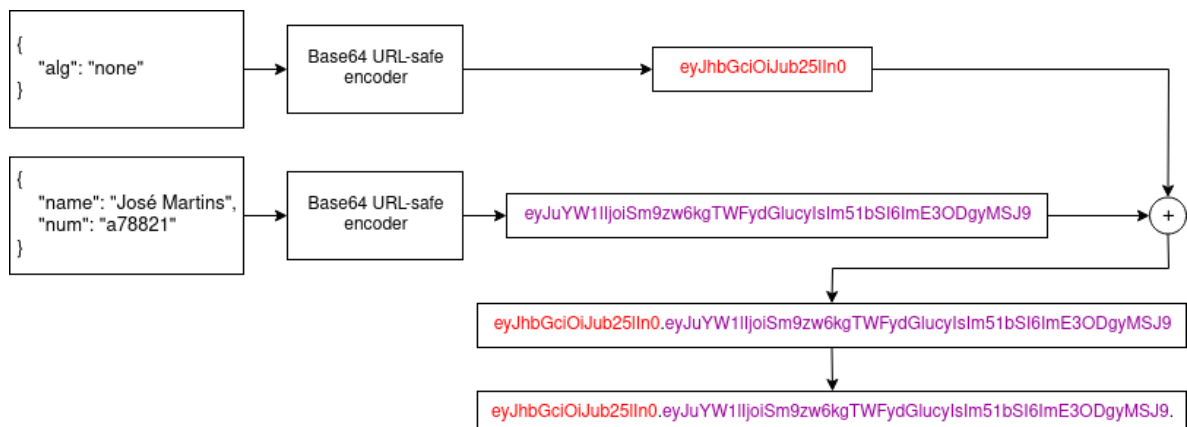


Figura 5: Criação de um JWT

Já na figura 6 é demonstrada a construção de um JWT assinado, ou seja, um JWS.

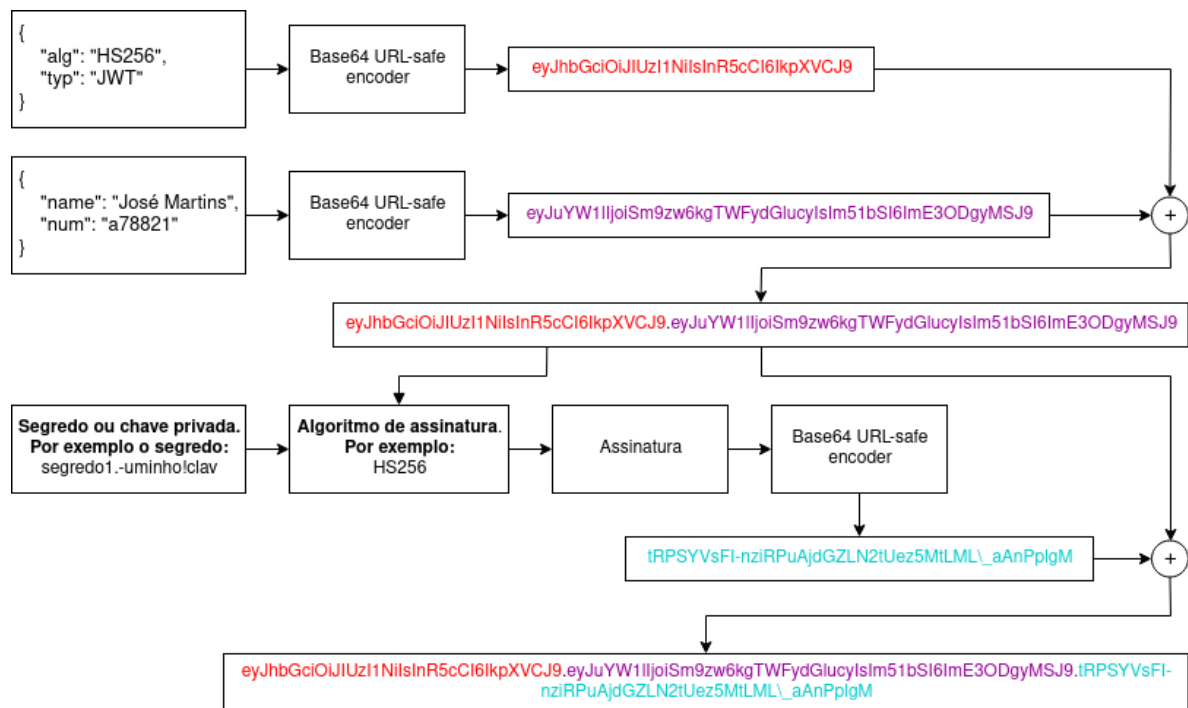


Figura 6: Criação de um JWS

3.1.3 Alternativas ao JWT

Algumas alternativas ao **JWT** passam pelo uso de **Simple Web Token (SWT)** ou **Security Assertion Markup Language (SAML)**. Se compararmos o **JWT** ao **SAML**, o **JSON** é menos verboso que o **XML** e mesmo quando codificado o seu tamanho é menor.

De um ponto de vista de segurança o **SWT** apenas pode ser assinado simetricamente por um segredo compartilhado usando o algoritmo **HMAC**. Já o **JWT** e o **SAML** podem usar pares de chaves pública/privada para assinar. Contudo assinar **XML** com *XML Digital Signature* sem introduzir buracos de segurança é mais difícil quando comparado com a simplicidade de assinar **JSON**. [3]

Houve contudo algumas bibliotecas de **JWT** com vulnerabilidades devido ao atributo `alg` da *header* do **JWT**. Havia duas situações de vulnerabilidade:

- As bibliotecas ao fazer a verificação (recebe um **JWT** e um segredo/chave pública como argumentos) de um **JWT** com **alg** igual a **none** assumiam logo que o **JWT** era válido mesmo que o segredo/chave pública fosse diferente de vazio. Ou seja, com a simples alteração do atributo **alg** e com a remoção da *signature* podia-se alterar o *payload* do **JWT** que o servidor iria continuar a considerar que a integridade do **JWT** não foi colocada em causa mesmo que os **JWTs** gerados pelo servidor tivessem sido com um algoritmo e com recurso a um segredo/chave privada.

- As bibliotecas ao fazer a verificação seja um algoritmo simétrico ou assimétrico apenas tinham como parâmetros o **JWT** e o segredo/chave pública. Isto gera uma segunda vulnerabilidade, se o servidor estiver à espera de um **JWT** assinado com pares de chaves pública/privada mas recebe um **JWT** assinado com **HMAC** vai assumir que a chave pública é o segredo a usar no algoritmo **HMAC**. Ou seja, se se criar um **JWT** com o atributo `alg` igual a **HMAC** e a assinatura for gerada usando o algoritmo **HMAC** com o segredo a ser a chave pública, podemos alterar o *payload* (antes de assinar) que o servidor vai considerar que o **JWT** não foi maliciosamente alterado.

Portanto a flexibilidade de algoritmos dada pelo **JWT** coloca em causa a segurança pelo que da parte das bibliotecas o atributo `alg` não deve ser considerado [20] bem como deve ser *deprecated* e deixar de ser incluído nos **JWTs**⁷.

A biblioteca que será usada na **CLAV**, `jsonwebtoken`⁸, já endereçou estes problemas⁹ pelo que estas vulnerabilidades não estarão presentes na **CLAV**.

Ainda comparando as diferentes alternativas, os *parsers* de **JSON** são mais comuns em grande parte das linguagens de programação visto que os **JSONs** mapeiam diretamente para objetos ao contrário do **XML** que não tem um mapeamento natural de documento para objeto. [3] Portanto isto torna mais fácil trabalhar com **JWT** do que com **SAML**.

Já quando comparamos os **JWTs** a *cookie sessions*, o **JWT** tem a vantagem de as sessões puderem ser *stateless* enquanto que as *cookies* são *statefull*. Contudo, ser *stateless* não permite por exemplo que a qualquer altura se possa revogar um **JWT**. Para endereçar esse problema é necessário, por exemplo, guardar (*statefull*) os **JWTs** numa base de dados associando cada **JWT** ao identificador único de quem é a informação contida no **JWT** (o uso de uma *whitelist*). Assim para revogar um **JWT** bastaria removê-lo da base de dados.

Outra alternativa ao **JWT** seria *sessionIDs*. As *sessionIDs* são *strings* longas, únicas e aleatórias. É possível revogar um *sessionID*, ao contrário do **JWT**, bastando para isso remover o *sessionID* da base de dados.

Por fim, uma outra alternativa bastante semelhante ao **JWT** é *Branca*. *Branca* usa o algoritmo simétrico *IETF XChaCha20-Poly1305 AEAD* que permite criar *tokens* encriptados e que garantem integridade. Tem também uma região de *payload* como **JWT** com a única diferença é que este *payload* não tem um estrutura definida. Não necessita da *header* visto que o algoritmo usado não varia. Em vez de usar codificação em **Base64 URL-safe** usa **Base62** que também é *URL-safe*. Para além disso o *token* gerado é geralmente de menor dimensão do que o gerado pelo **JWT** sendo como tal mais compacto que o **JWT**. [33] Visto que o *Branca* encripta e garante integridade de uma forma mais simples que o **JWT** permite (para isso era necessário recorrer a um **JWE** que tem no seu *payload* um **JWS**), sendo como tal propenso a menos erros de programação. Contudo, o *Branca* ainda não é muito conhecido nem um *standard* da indústria, ao contrário do **JWT**, mas não deixa de ser algo a ter em conta para o futuro.

⁷Ver <https://gist.github.com/paragonie-scott/c88290347c2589b0cd38d8bb6ac27c03>

⁸Ver <https://www.npmjs.com/package/jsonwebtoken>

⁹Ver <https://github.com/auth0/node-jwebtoken/commit/1bb584bc382295eeb7ee8c4452a673a77a68b687>

3.2 AUTENTICAÇÃO.GOV

O Autenticação.gov surgiu da necessidade de identificação unívoca de um utilizador perante sítios na Web. [1] Será esta quem realiza o processo de autenticação do utilizador e que fornecerá os atributos do utilizador necessários para identificar o utilizador numa entidade (*website*/portal).

O CC em conjunto com o Autenticação.gov permite obter os identificadores dos utilizadores junto das entidades participantes da iniciativa do CC (funcionalidade de Federação de Identidades da Plataforma de Interoperabilidade da Administração Pública). Além disso, o Autenticação.gov gere os vários fornecedores de atributos disponíveis bem como possui uma estreita ligação com a infraestrutura de chave pública do Cartão de Cidadão (Public Key Infrastructure (PKI)), com o intuito de manter os elevados níveis de segurança e privacidade no processo de autenticação e identificação. [1]

O Autenticação.gov permite também a criação de credencias comuns a todos os sites da AP, ou seja, o utilizador apenas necessita de se autenticar uma vez que poderá aceder aos vários portais (Portal do Cidadão, etc) com a mesma autenticação.

Para além disso o utilizador pode autenticar-se utilizando outros certificados digitais que não o CC (por exemplo Chave Móvel Digital (CMD), *user+password* ou redes sociais, estes dois últimos quando o *website*/portal necessita apenas de conhecer do utilizador o *email*).

No projeto CLAV irá ser implementado a autenticação com recurso ao Autenticação.gov através de dois certificados digitais diferentes:

- **Cartão de Cidadão (CC):** Já se encontra implementado como referido na secção 2.4. A autenticação é realizada através da leitura do CC (através de um leitor de cartões sendo necessário a instalação de *software* do Autenticação.gov para proceder à leitura do CC) e posterior inserção do PIN de autenticação recebido quando se cria/renova o CC.
- **Chave Móvel Digital (CMD):** Um dos objetivos desta tese é a implementação da autenticação com recurso a este certificado digital. Com o CMD, após o utilizador associar um número de telemóvel ao NIC, o utilizador pode autenticar-se com o número de telemóvel, o código PIN da CMD e o código de segurança temporário enviado por SMS.

De forma a completar a figura 3 apresenta-se de seguida o fluxo de pedidos efetuado entre a CLAV e o Autenticação.gov de forma a autenticar um utilizador na CLAV: [1]

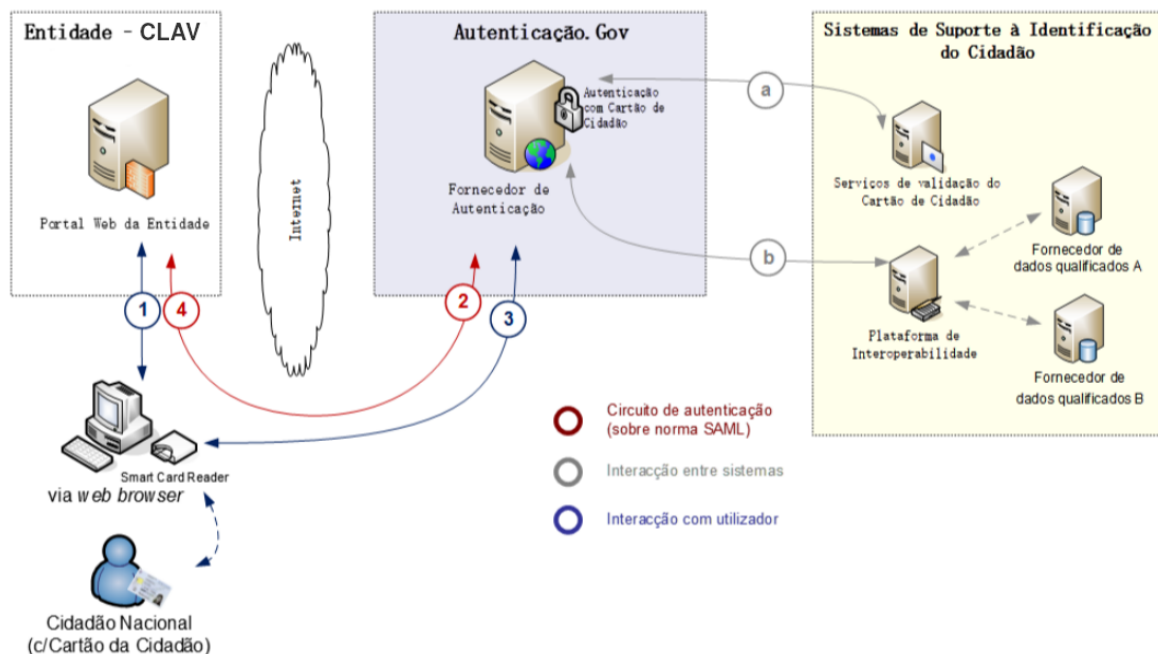


Figura 7: Fluxo de pedidos entre a CLAV e o Autenticação.gov de forma a autenticar um utilizador na CLAV. [1]

1. O utilizador pretende aceder à área privada do portal de uma entidade (da CLAV), na qual é necessário que comprove a sua identidade;
2. O portal da entidade (CLAV) delega a autenticação e redireciona o utilizador para o Autenticação.gov, juntamente com um pedido de autenticação assinado digitalmente;
3. O Autenticação.gov valida o pedido de autenticação recebido e solicita a autenticação do utilizador com recurso ao seu CC pedindo a inserção do seu PIN de autenticação. Durante este processo, o Autenticação.gov efetua as seguintes operações internas:
 - a) Valida as credenciais do utilizador com recurso à PKI do CC via OCSP
 - b) Obtém atributos que sejam solicitados pelo portal da entidade (CLAV) junto dos vários fornecedores de atributos qualificados. Esta operação é efetuada via Plataforma de Interoperabilidade. Este processo pode incluir a obtenção de dados da Federação de Identidades ou de outras Entidades.
4. A identificação e atributos do utilizador são autenticadas e assinados digitalmente pelo Autenticação.gov, após o que redireciona o utilizador de volta ao portal da entidade original (CLAV). Cabe à entidade (CLAV) a validação das credenciais do Autenticação.gov e utilização dos atributos do cidadão.

A troca de pedidos entre a CLAV e o Autenticação.gov é feita através de SAML 2.0 (com as extensões que a AMA considera obrigatórias). De seguida será feita uma pequena introdução ao SAML 2.0.

3.2.1 SAML 2.0

O [Security Assertion Markup Language \(SAML\)](#) define uma *framework standard* em [XML](#). [14] Foi aprovado pela [OASIS](#) e permite a troca segura de informação de autenticação e autorização entre diferentes entidades. Através do [SAML](#) é possível através de uma credencial (*login* de um utilizador) aceder autenticado a um conjunto de *websites*. Esta funcionalidade é conhecida por [Single Sign On \(SSO\)](#).

Existem três tipos de papéis em [SAML](#): [27]

- Utilizador
- *Identity Provider*: Realiza a autenticação de que o utilizador é quem diz ser e envia essa informação ao *Service Provider* junta com as permissões de acesso do utilizador para o serviço
- *Service Provider*: Precisa de autenticação do *Identity Provider* para poder dar autorização ao utilizador

O documento [XML](#) enviado pelo *Identity Provider* para o *Service Provider* é conhecida por [SAML Assertion](#). Existem três tipos de [SAML Assertion](#): [27]

- *Authentication Assertion*: Prova a identificação de um utilizador e fornece a hora em que o utilizador se autenticou e o método de autenticação usado
- *Attribution Assertion*: Envia [SAML attributes](#) (formato de dados que contém informação acerca do utilizador) para o *Service Provider*
- *Authorization Assertion*: Indica se o utilizador está autorizado a usar o serviço ou se o *Identity Provider* recusou o pedido à inserção de uma password errada ou por falta de permissões para usar o serviço

No projeto [CLAV](#) o utilizador final é o utilizador da [CLAV](#), o *Identity Provider* é representado pelo Autenticação.gov e o *Service Provider* é representado pela [CLAV](#).

3.2.2 Especificação

TODO: Explicar de forma geral como é efetuado o pedido ao autenticação.gov; Explicar as extensões usadas para a CMD

3.3 SWAGGER

O *Swagger* é um ecossistema de ferramentas para desenvolver [APIs](#) com a [OpenAPI Specification \(OAS\)](#).

Até 2015 o *Swagger* consistia numa especificação e num ecossistema de ferramentas para implementar a especificação. Em 2015 a fundadora do *Swagger*, *SmartBear Software*, doou a especificação *Swagger* para a *Linux Foundation* e renomeou a especificação para [OpenAPI Specification](#). [32]

A especificação *OpenAPI* é agora desenvolvida pela *OpenAPI Initiative* que envolve várias empresas tecnológicas entre as quais *Microsoft*, *Google*, *IBM* e a fundadora *Smartbear Software*.

Já o conjunto de ferramentas *Swagger* inclui ferramentas *open-source*, gratuitas e comerciais que podem ser usadas em diferentes estágios do ciclo de vida de uma [API](#), que inclui documentação, desenho, testes e *deployment*. Algumas das ferramentas são: [29]

- **Swagger Editor**: Permite editar especificações *OpenAPI* em [YAML](#) no *browser*¹⁰, validar as especificações em relação às regras do [OAS](#) bem como pré-visualizar a documentação em tempo real. Facilita o desenho e a documentação de [APIs REST](#)
- **Swagger UI**: Coleção de *assets HTML*, *JavaScript* e *CSS* que geram dinamicamente documentação a partir de uma especificação *OpenAPI* de uma [API](#)
- **Swagger Codegen**: Permite a geração de bibliotecas cliente (geração de [SDK](#)), *server stubs* e documentação automática a partir de especificações *OpenAPI*
- **Swagger Inspector** (gratuita): Ferramenta de testes de [APIs](#) que permite validar as [APIs](#) e gerar definições *OpenAPI* de [APIs](#) existentes
- **SwaggerHub** (gratuita e comercial): Desenho e documentação de [APIs](#), construído para equipas que trabalham com *OpenAPI*

O *Swagger* possui duas abordagens: [34]

- *top-down*: Uso do *Swagger Editor* para criar a especificação *OpenAPI* e depois usar o *Swagger Codegen* por forma a gerar o código do cliente e do servidor. Ou seja, primeiro desenha-se a [API](#) antes de escrever código
- *bottom-up*: Utilizador já possui uma [API REST](#) e o *Swagger* irá ser usado apenas para documentar a [API](#) existente

Visto que a [CLAV](#) já possui grande parte da [API](#) construída vai ser usada uma abordagem *bottom-up*. Portanto, o *Swagger* vai ser usado apenas para a documentação da [API](#). De forma a produzir a documentação, do portfólio de ferramentas do *Swagger* apenas precisaremos de utilizar o *Swagger UI* e o *Swagger Editor*. O primeiro permitirá apresentar aos utilizadores a documentação gerada e o segundo permitirá validar a especificação *OpenAPI* (documentação) criada, verificando se não possui erros.

¹⁰ Aceder <https://editor.swagger.io/>

3.3.1 Especificação OpenAPI

A especificação *OpenAPI* providencia um conjunto de propriedades que podem ser usadas para descrever uma *API REST*. Com um documento de especificação válido é possível usá-lo para criar uma documentação interativa, por exemplo, através do *Swagger UI*.

De seguida será apresentado o que é possível documentar com a especificação *OpenAPI* e como. É possível usar *YAML* como *JSON* para a especificar. Esta parte será demonstrada usando *YAML*.¹¹

Metadata

O primeiro passo é escolher a versão da especificação *OpenAPI* que irá ser usada para documentar:

```
openapi: 3.0.0
```

Exemplo 3.4: Exemplo de indicação da versão da especificação *OpenAPI*

Depois na secção **info** é possível descrever um pouco sobre a *API* que estamos a documentar, indicando o título, a descrição e a versão da *API*. As propriedades **title** e **version** são obrigatórias. É possível também colocar informação sobre os contactos disponíveis, termos de uso e a licença.¹²

```
info:
  title: CLAV API
  description: Esta é a API do projeto CLAV...
  version: 1.0.0
```

Exemplo 3.5: Exemplo de secção **info** indicando título, descrição e versão da *API* na especificação *OpenAPI*

Servidores

Há depois uma secção com o nome de **servers** para indicar os *URLs* da *API* que se pode aceder. Podem ser indicados mais do que um *URL*.¹³

```
servers:
- url: http://clav-api.dglab.gov.pt/api
  description: Official API server
- url: http://clav-test.di.uminho.pt/api
  description: Testing server
- url: http://localhost:7779/api
```

¹¹A especificação completa do *OpenAPI* com versão igual a 3.0.0 pode ser vista em <https://github.com/OAI/OpenAPI-Specification/blob/master/versions/3.0.0.md>

¹²Ver mais em <https://github.com/OAI/OpenAPI-Specification/blob/master/versions/3.0.0.md#infoObject>

¹³Para mais detalhes sobre esta secção veja <https://swagger.io/docs/specification/api-host-and-base-path/>

```
description: Local server
```

Exemplo 3.6: Exemplo de secção **servers** indicando os *URLs* e a descrição de cada na especificação *OpenAPI*

Caminhos/Rotas

De seguida apresenta-se uma das secções mais importantes da especificação, a secção **paths**. Aqui são definidas as rotas que a **API** disponibiliza. Para definir cada rota basta indicar o caminho relativo aos **URLs** definidos na secção **servers** (<server-url>/<caminho relativo>). Nesta secção é definido tudo que envolve as rotas, desde os parâmetros necessários, as respostas que devolve, os métodos *HTTP* disponíveis, etc.^{14,15}

```
paths:
  /users/{id}:
    get:
      summary: Resumo do que faz a rota
      description: >
        Descrição detalhada, pode ser usado Markdown para enriquecer o texto
      parameters:
        - name: id
          in: path
          description: Id do utilizador
          required: true
          schema:
            type: string
      responses:
        200:
          description: Descrição da resposta, p.e: Sucesso
          content:
            application/json:
              schema:
                #A estrutura do JSON devolvido pode ser definido logo aqui ou num
                #componente à parte, fazendo referência desse. Iremos aplicar
                #o segundo caso para demonstrar que estas funcionalidades
                #tornam a documentação mais fácil de manter
                $ref: '#/components/schemas/User'
    post:
      ...
    delete:
      ...
  /users:
    ...

components:
  schemas:
    User:
```

¹⁴Mais detalhes em <https://swagger.io/docs/specification/paths-and-operations/>

¹⁵mais detalhes sobre a funcionalidade **\$ref** em <https://swagger.io/docs/specification/using-ref/>

```

type: object
properties:
  id:
    type: string
  ...
required:
  - id
  ...

```

Exemplo 3.7: Exemplo de secção **paths** indicando os detalhes de cada rota na especificação *OpenAPI*

Outro ponto importante a referir é que é possível agrupar as rotas em grupos através do uso de *tags*. As *tags* tem de ser definidas numa secção chamada *tags*:

```

tags:
  - name: users
    description: Descrição
  - name: classes
    description: Outra descrição

```

Exemplo 3.8: Exemplo de secção **tags** definindo tags na especificação *OpenAPI*

Depois em cada rota é necessário indicar a que *tag* (grupo) pertence:

```

paths:
  /users/{id}:
    get:
      summary: Resumo do que faz a rota
      tags:
        - users
      ...

```

Exemplo 3.9: Exemplo de uso de *tags* numa rota na especificação *OpenAPI*

Parâmetros

Como já exemplificado no exemplo 3.7 os parâmetros de uma rota são definidos na secção **parameters** de cada rota. Existem quatro tipos de parâmetros que variam de acordo com o local onde se encontram. O tipo de um parâmetro é definido na propriedade **in** de um parâmetro e pode ser um dos seguintes:

- Parâmetros no caminho: Servem normalmente para apontar para um recurso específico. Estes parâmetros são sempre obrigatórios como tal a propriedade **required** com o valor igual a verdadeiro deve ser sempre adicionado. Para além disso o **name** tem de ser igual ao que está no caminho. A propriedade **in** tem o valor de *path*.
- Parâmetros na *query string*: A propriedade **in** tem o valor de *query*. No caso de tokens passados em parâmetros da *query string* deve-se usar esquemas de segurança, veja a secção 3.3.1 Autenticação.

- Parâmetros no cabeçalho: A propriedade `in` tem o valor de *header*. Contudo os cabeçalhos *Accept*, *Content-Type* e *Authorization* não são aqui definidos.
- Parâmetros no cabeçalho da *Cookie*: A propriedade `in` tem o valor de *cookie*.

Cada parâmetro tem várias propriedades que permitem defini-lo:¹⁶

- **required**: Indica se o parâmetro é obrigatório ou opcional. Possíveis valores são *true* ou *false*.
- Na propriedade **schema**:
 - **default**: Valor padrão de um parâmetro opcional
 - **type**: O tipo do parâmetro. Possíveis valores: *string*, *integer*, etc
 - **enum**: Indica os possíveis valores para o parâmetro
 - **nullable**: Indica se o parâmetro pode ser *null*. Possíveis valores são *true* ou *false*.
- **allowEmptyValue**: Indica se o parâmetro pode ser vazio. Apenas aplicável no caso de um parâmetro na *query string*. Possíveis valores são *true* ou *false*.
- **example**: Um exemplo do valor
- **examples**: Múltiplos exemplos
- **deprecated**: Indica se o parâmetro é ou não *deprecated*. Possíveis valores são *true* ou *false*.

Request Body

O *request body* é definido em cada rota na secção **requestBody** sendo usado essencialmente em rotas com o método **HTTP** igual a POST ou a PUT, ou seja, em casos que há necessidade de criar ou alterar um objeto de acordo com a informação fornecida no pedido. As propriedades que podem ser definidas no **requestBody** são as seguintes:^{17,18}

- **description**: Opcionalmente pode ser adicionada uma descrição
- **required**: Indica se o *request body* é obrigatório ou opcional. Possíveis valores são *true* ou *false*. Por padrão o *request body* é opcional.
- **content**: Obrigatório. Lista os *media types* consumidos pela rota e especifica o **schema** para cada *media type*

¹⁶Mais detalhes em <https://swagger.io/docs/specification/describing-parameters/>

¹⁷Para mais detalhes, desde *upload* de ficheiros, a *Form Datas*, veja em <https://swagger.io/docs/specification/describing-request-body/>

¹⁸Para mais informação sobre os *media types* veja <https://swagger.io/docs/specification/media-types/>

Respostas

Nesta secção, propriedade **responses** de cada rota, é descrita as possíveis respostas de cada rota. Na propriedade será definido as várias respostas, uma resposta por cada **HTTP status code** possível de ser devolvido pela rota. Cada resposta pode possuir as seguintes propriedades:¹⁹

- **description**: Obrigatório, descrição da resposta
- **content**: Opcional, semelhante ao **content** do *request body* e define o conteúdo que é devolvido.
- **headers**: Opcional, define as *headers* que são devolvidas na resposta

Adição de Exemplos

Na secção 3.3.1 Parâmetros já se referiu como é possível adicionar exemplos aos parâmetros. De forma semelhante o mesmo pode ser realizado tanto no *request body* como nas respostas através da propriedade **example** (um exemplo) ou **examples** (múltiplos exemplos) aninhado na propriedade **schema** ou aninhado na “propriedade” *media type* no caso do **schema** ser uma referência para um modelo presente na secção **components**. A propriedade **example** pode também ser usada em objetos ou propriedades de um **schema**. Por fim, para adicionar exemplos de **XML** ou **HTML** os exemplos devem ser exemplificados como *strings*:²⁰

```
content:
  application/xml:
    schema:
      $ref: '#/components/schemas/xml'
    examples:
      xml:
        summary: A sample XML response
        value: '<objects><object><id>1</id><name>new</name></object><object><id>
          2</id></object></objects>'
  text/html:
    schema:
      type: string
    examples:
      html:
        summary: A list containing two items
        value: '<html><body><ul><li>item 1</li><li>item 2</li></ul></body></html>
          >'
```

Exemplo 3.10: Exemplo de adição de exemplos para **XML** e **HTML** na especificação *OpenAPI*

¹⁹Mais detalhes em <https://swagger.io/docs/specification/describing-responses/>

²⁰Mais detalhes em <https://swagger.io/docs/specification/adding-examples/>

Modelos

A secção **schemas** presente na secção **components** permite definir estruturas de dados (modelo) a serem usados na **API**. Estes modelos podem ser referenciados usando a funcionalidade **\$ref**.²¹

Autenticação e Autorização

Nesta secção será demonstrada como se pode adicionar a autenticação e autorização à especificação *OpenAPI*. Para tal é necessário criar *security schemes*. Os esquemas são definidos na secção **securitySchemes** dentro da secção **components**. Para cada esquema de segurança é necessário definir a propriedade **type**. Na especificação é possível descrever os seguintes esquemas de segurança:

- Esquemas de autenticação **HTTP** (usam o cabeçalho *Authorization*) (**type** = **http**):
 - *Basic* (propriedade **scheme** = **basic**)
 - *Bearer* (propriedade **scheme** = **bearer** e pode também ser definido o formato do *Bearer* (a palavra usada antes de indicar o *token*) através da propriedade **bearerFormat**)
 - Outros esquemas **HTTP** definidos pelo **RFC 7235** e pelo registo de esquemas de autenticação **HTTP**
- Chaves **API** no cabeçalho, na *query string* ou em *cookies* (**type** = **apiKey** e na propriedade **in** indicar em que local se encontra, se no cabeçalho (**header**), se na *query string* (**query**) ou se nas *cookies* (**cookie**))
- *OAuth 2* (**type** = **oauth2**)
- *OpenID Connect Discovery* (**type** = **openIdConnect**)

Após definir os esquemas de segurança é necessário aplicá-los nas rotas que devem estar protegidas por esses esquemas. Para tal em cada rota pode ser definida a propriedade **security** e indicar os esquemas de segurança que essa rota suporta.²²

Alternativas

Em termos de alternativas à especificação *OpenAPI* existem duas concorrentes: **RAML**²³ e **API Blueprint**²⁴.

Comparemos as três hipóteses: [30]

²¹ Mais detalhes em <https://swagger.io/docs/specification/data-models/>

²² Mais detalhes em <https://swagger.io/docs/specification/authentication/>

²³ Ver <https://github.com/raml-org/raml-spec/blob/master/versions/raml-10/raml-10.md/>

²⁴ Ver <https://github.com/apiaryio/api-blueprint/blob/master/API%20Blueprint%20Specification.md>

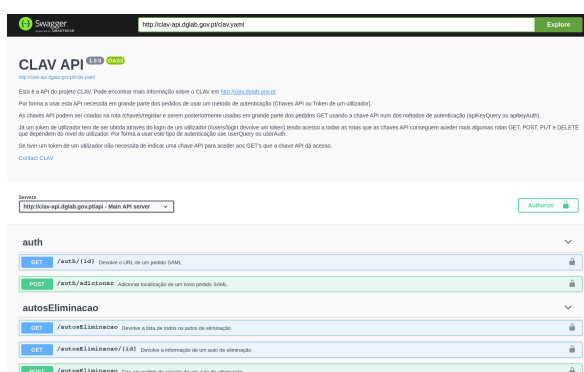
Especificação	Vantagens	Desvantagens
<i>OpenAPI</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Grande adoção • Grande comunidade de utilizadores • Bom suporte • Suporte para várias linguagens 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de construtores avançados para metadados
RAML	<ul style="list-style-type: none"> • Suporta construções avançadas • Adoção decente • <i>Human readable format</i> • Grande apoio da indústria 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de ferramentas ao nível do código • Ainda não comprovado a longo prazo
<i>API Blueprint</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de entender • Simples de escrever 	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca adoção • Falta de construtores avançados • Instalação complexa

Tabela 1: Comparação entre especificações de documentação de APIs

Além das vantagens apresentadas as três são *open-source*. Para além disso, o *OpenAPI* pode ser escrito em [JSON](#) ou [YAML](#), o [RAML](#) é escrito em [YAML](#) e o *API Blueprint* é escrito em *Markdown*. Escolheu-se a especificação *OpenAPI* devido à sua grande adoção e por permitir usar o ecossistema de ferramentas *Swagger*.

3.3.2 Swagger UI

O *Swagger UI* permite a qualquer um visualizar uma [API REST](#). A partir de um documento [JSON](#) ou [YAML](#) (especificação *OpenAPI*) é automaticamente gerado uma documentação interativa.

Figura 8: *Swagger UI* exemplo

Alternativas

Existem várias alternativas ao *Swagger UI*:

Ferramenta	Vantagens	Desvantagens
<i>Swagger UI</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Suporta a especificação <i>OpenAPI</i> • <i>Open-source</i> • Amplamente usado 	
<i>Apiary</i> ²⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Suporta a especificação <i>API Blueprint</i> e a especificação <i>OpenAPI</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário pagar de forma a poder integrar a documentação da <i>API</i> num domínio próprio • <i>Closed-source</i>
<i>API Console</i> ²⁶	<ul style="list-style-type: none"> • Suporta a especificação <i>RAML</i> e a especificação <i>OpenAPI</i> • <i>Open-source</i> 	
<i>Slate</i> ²⁷	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Open-source</i> • <i>API</i> definida em <i>Markdown</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Não suporta nenhuma especificação
<i>apiDoc</i> ²⁸	<ul style="list-style-type: none"> • Documentação criada a partir das anotações nos comentários do código • <i>Open-source</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Não suporta nenhuma especificação
<i>ReDoc</i> ²⁹	<ul style="list-style-type: none"> • Suporta a especificação <i>OpenAPI</i> • <i>Open-source</i> • Fácil de integrar 	

Tabela 2: Comparação entre ferramentas de *APIs*

²⁵Ver <https://apiary.io/>

²⁶Ver <https://github.com/mulesoft/api-console>

²⁷Ver <https://github.com/slatedocs/slate>

²⁸Ver <https://apidocjs.com/>

²⁹Ver <https://github.com/Redocly/redoc>

3.4 DOCUMENTAÇÃO DA API DA CLAV

Neste secção são aprofundadas algumas bibliotecas que podem ser usadas para a produção da documentação com a especificação *OpenAPI* e o *Swagger UI*.

De seguida são aprofundadas duas *packages* que podem ser usadas para criar documentação interativa (integração do *Swagger UI*) para uma *API REST* criada com *Node.js* e *Express.js*: [34]

- **swagger-node-express**
 - Vantagens
 - * Módulo oficial suportado pelo *Swagger*
 - * É *open-source* e como tal é possível contribuir para a correção de problemas
 - * A solução contém *Swagger Editor* e *Swagger Codegen* e como tal tanto podemos usar uma abordagem *top-down* como *bottom-up*
 - Desvantagens
 - * Instalação manual do *Swagger UI*. O código do *Swagger UI* tem de ser copiado manualmente para o projeto e sempre que há uma atualização é necessário copiar novamente manualmente
 - * Instalação complexa. Por forma a aplicação hospedar a documentação é necessário adicionar algumas rotas ao servidor para além das já definidas na especificação *OpenAPI*
 - * Fraca documentação
- **swagger-ui-express**
 - Vantagens
 - * É *open-source* e como tal é possível contribuir para a correção de problemas
 - * Não é necessário copiar manualmente o *Swagger UI*
 - * De fácil instalação, apenas é necessário adicionar uma rota aonde estará hospedada a documentação
 - * Boa documentação
 - Desvantagens
 - * Não é o módulo oficial suportado pelo *Swagger*

Das duas, a **swagger-ui-express** é a de mais simples implementação e de mais fácil manutenção.

```
var swaggerUI = require('swagger-ui-express')
//JSON
var swaggerDocument = require('./swagger.json')
//ou YAML
```

```
var yaml = require('js-yaml')
var fs = require('fs')
var swaggerDocument = yaml.load(fs.readFileSync('./swagger.yaml'))

app.use('/doc', swaggerUI.serve, swaggerUI.setup(swaggerDocument));
```

Exemplo 3.11: Exemplo de uso do `swagger-ui-express`

No exemplo 3.11 a documentação da API está presente na rota `/doc`. Neste exemplo é exemplificado como carregar uma especificação *OpenAPI* em JSON bem como em YAML. Quanto ao *middleware serve* retorna os ficheiros estáticos necessários para hospedar o *Swagger UI*. Já o segundo *middleware setup* para além de poder receber o documento com a especificação *OpenAPI* pode também receber um outro parâmetro de opções que o utilizador pode definir para a apresentação interativa da documentação com o *Swagger UI*³⁰.

Agora há duas abordagens possíveis de realizar a documentação:

- Documentação de cada rota nos comentários da rota através da utilização da *package swagger-jsdoc*³¹
- Documentação à parte do código

A abordagem da documentação à parte do código permite modularizar a documentação. A modularização da documentação pode ser realizada através do uso da *package yaml-include*³². Esta *package* permite que o documento YAML da especificação *OpenAPI* possa ser dividida por vários ficheiros para além do que já é permitido através do uso de `$ref` da especificação *OpenAPI*. A *package* permite a inclusão de arquivos YAML externos ou a inclusão de pastas de ficheiros YAML. Esta funcionalidade é desaprovada pela equipa de desenvolvimento do YAML contudo é de grande ajuda e de simplificação da construção do ficheiro de especificação *OpenAPI*.

```
openapi: 3.0.0
info:
  description: Esta é a API do projeto CLAV. Pode encontrar mais informação sobre
    o CLAV em [http://clav.dglab.gov.pt](http://clav.dglab.gov.pt).
  version: 1.0.0
  title: CLAV API
  contact:
    name: CLAV
    email: clav@dglab.gov.pt
servers:
  - url: http://localhost:7779/api
    description: Local API server
```

³⁰As opções possíveis estão presentes em <https://github.com/scottie1984/swagger-ui-express>. Para o atributo (opção) `swaggerOptions` as opções possíveis estão presentes em <https://github.com/swagger-api/swagger-ui/blob/master/docs/usage/configuration.md>

³¹Ver <https://github.com/Surnet/swagger-jsdoc>

³²Ver <https://github.com/claylo/yaml-include>

```
paths: !!inc/dir [ 'paths' ]
components:
  schemas: !!inc/dir [ 'schemas', excludeTopLevelDirSeparator: true ]
  securitySchemes: !!inc/file '/security/schemes.yaml'
```

Exemplo 3.12: Exemplo de uso do `yaml-include` no documento de especificação *OpenAPI*(*index.yaml*)

O ficheiro *index.yaml* será a raiz do documento de especificação *OpenAPI* a ser gerado com a *package* `yaml-include`. A estrutura dos ficheiros para gerar o documento de especificação *OpenAPI* final exemplifica como se pode dividir a documentação por vários ficheiros com esta *package*:

```
* index.yaml
* paths/
  * classes/
    * get.yaml
    * ~id/
      * get.yaml
  * users/
    * ~id/
      * post.yaml
      * delete.yaml
* schemas/
  * User.yaml
* security/
  * schemes.yaml
```

Exemplo 3.13: Exemplo de estrutura dos ficheiros para gerar o documento de especificação *OpenAPI*

Assim, o `!!inc/dir` fará que no ficheiro *index.yaml* na *tag* *paths* sejam incluídos todos os ficheiros que estão na pasta *paths*. Cada ficheiro corresponderá a uma determinada rota com um determinado método `HTTP`. O método `HTTP` é definido a partir do nome do ficheiro e o caminho da rota é determinado pelo nome das pastas e do aninhamento destas. Quando o nome da pasta é iniciado por “~” no caminho será colocado o nome da pasta sem o til entre chavetas (“{”}) por forma a indicar um parâmetro que é colocado no caminho do pedido.

Já no caso do `!!inc/dir` dos *schemas* a opção `excludeTopLevelDirSeparator` permite que os ficheiros que estejam dentro da pasta *schemas* (mas não aninhados dentro de outras pastas) sejam incluídos sem qualquer aninhamento, assumindo o nome do ficheiro como o atributo a colocar.

Existe também o `!!inc/file` que permite incluir sobre uma determinada *tag* a informação presente no ficheiro referenciado pelo caminho.

O documento de especificação *OpenAPI* final gerado será:

```
openapi: 3.0.0
info:
  description: Esta é a API do projeto CLAV. Pode encontrar mais informação sobre
    o CLAV em [http://clav.dglab.gov.pt](http://clav.dglab.gov.pt).
```



```

version: 1.0.0
title: CLAV API
contact:
  name: CLAV
  email: clav@dglab.gov.pt
servers:
  - url: http://localhost:7779/api
    description: Local API server
paths:
  /classes:
    get:
      <conteúdo do ficheiro paths/classes/get.yaml>
  /users/{id}:
    post:
      <conteúdo do ficheiro paths/~id/post.yaml>
    delete:
      <conteúdo do ficheiro paths/~id/delete.yaml>
components:
  schemas:
    User:
      <conteúdo do ficheiro schemas/User.yaml>
  securitySchemes:
    <conteúdo do ficheiro security/schemes.yaml>

```

Exemplo 3.14: Documento de especificação *OpenAPI* gerado a partir do ficheiro *index.yaml* com o uso da *package* `yaml-include`

No final teremos um ficheiro no formato **YAML** com toda a documentação da **API** que poderá então ser usado para alimentar a documentação dinâmica *Swagger UI*.

3.5 EXPORTAÇÃO DE DADOS

Esta tese tem como um dos objetivos a exportação de dados da **API** de Classes, Entidades, Tipologias e Legislações em formato **JSON**, **XML** e **CSV**. Além disso, deve permitir a exportação da ontologia (possuidor da informação das variantes referidas a exportar) nos formatos **Turtle**, **JSON-LD** e **RDF/XML**.

A **API** de dados já devolve a sua informação em **JSON**. Portanto, por forma a realizar a exportação dos dados para outros formatos é necessário realizar a conversão de **JSON** para o formato de saída pretendido. Como tal, nesta secção será aprofundada algumas bibliotecas disponíveis no **NPM** que têm como objetivo exportar de **JSON** para **XML** ou de **JSON** para **CSV**. É por fim, investigado como poderá ser exportada a ontologia a partir do GraphDB.

3.5.1 XML

Começemos por perceber o que é o [Extensible Markup Language \(XML\)](#). Como se pode perceber pelo nome o [XML](#) é uma linguagem *Markup*, ou seja, uma linguagem que anota o texto para que a máquina possa manipular o texto de acordo com as anotações. O [XML](#) foi desenhado para ser de fácil leitura tanto para humanos como para máquinas e tem como principal intuito o armazenamento e transporte de informação (o tal texto anotado). Além disso é extensível visto que permite que criemos as nossas tags.

```
<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
<peessoa>
  <nome>Maria</nome>
  <idade tipo="numero">23</idade>
  <morada>
    <pais>Portugal</pais>
    <cidade>Braga</cidade>
  </morada>
  <altura unidade="cm">160</altura>
  <!--Isto é um comentário-->
</peessoa>
```

Exemplo 3.15: Pequeno exemplo em [XML](#)

De seguida serão apresentadas, de forma simplificada, as regras de sintaxe aplicadas ao [XML](#) para cada componente deste.

- **Declaração XML**

```
<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
```

Opcional, especifica a versão do [XML](#) e o encoding usado no documento

- A declaração é *case-sensitive* pelo que deve começar obrigatoriamente por `xml`
- Se presente no documento, a declaração tem de ser obrigatoriamente o primeiro componente

- **Tags e elementos**

```
<nome>Maria</nome> ou <semnome/>
```

- Cada elemento tem de ser fechado seja por uma tag (tag final), ou como apresentado acima pela própria tag.
- Os elementos [XML](#) podem conter elementos filhos mas estes não se podem sobrepor, ou seja, uma tag final de um elemento tem de ter o mesmo nome que a última tag inicial ainda sem tag final.
- Um documento [XML](#) apenas pode ter um elemento na raiz do documento (elemento *root*)
- Os nomes das tags são *case-sensitive*, portanto, a tag inicial e final de um elemento tem de ser exatamente iguais

- **Atributos**

`<altura unidade="cm">160</altura>`

onde ‘unidade’ é o nome do atributo e ‘cm’ é o valor do atributo. Um atributo especifica uma propriedade de um elemento

- Um elemento pode ter zero, um ou mais atributos
- Os nomes dos atributos são *case-sensitive*
- Um atributo não pode ter dois valores num elemento, ou seja, não pode ser declarado duas ou mais vezes num mesmo elemento
- Os nomes dos atributos não podem possuir aspas, mas os valores tem de ser encapsulados por aspas

- **Referências XML**

`&` ou `A`

Há dois tipos de referências, Referências Entidade ou Referências Caractere. A primeira existe por forma a serem representadas por estas referências os caracteres não permitidos no texto anotado visto representarem parte da sintaxe do XML.

Caractere não permitido	Entidade
<	<
>	>
&	&
,	'
”	"

O segundo tipo de referências tem o mesmo intuito mas permite que seja representado qualquer caractere representável em *Unicode*. O número que se segue ao hashtag é referente ao código decimal em *Unicode*. Assim `A` representa o caractere ‘A’.

- **Texto anotado**

Espaços em branco, tabs, ou novas linhas, são ignoradas quando presentes entre elementos e entre atributos. Como já referido há caracteres reservados pelo que se pretende usá-los no texto anotado deve trocar esses caracteres pelas suas referências.

Bibliotecas de conversão

Nesta secção serão abordadas algumas bibliotecas de conversão de JSON para XML, aquelas com maior popularidade e adesão no NPM.

Por forma a ter uma ideia do resultado devolvido por cada biblioteca será usado o seguinte exemplo:

```
[
  {
    "nome": "Maria",
    "idade": "22",
```

```

        "morada": {
            "pais": "Portugal",
            "cidade": "Braga"
        }
    },
    {
        "nome": "João",
        "idade": "24",
        "morada": {
            "pais": "Portugal",
            "cidade": "Vila Real"
        }
    }
]

```

Exemplo 3.16: Exemplo em [JSON](#) a converter

[XML-JS](#)

Esta biblioteca permite a conversão nos dois sentidos, ou seja, de [JSON](#) para [XML](#) e de [XML](#) para [JSON](#).

As principais características que esta biblioteca possui para uma conversão de [JSON](#) para [XML](#) são:

- Mantém a ordem dos elementos
- Totalmente compatível com [XML](#)
- Reversível, é possível reverter o resultado para o original
- Podem ser fornecidas funções personalizadas para processamento adicional para diferentes partes do [XML](#) ou do [JSON](#) a converter

```

<0>
  <nome>Maria</nome>
  <idade>22</idade>
  <morada>
    <pais>Portugal</pais>
    <cidade>Braga</cidade>
  </morada>
</0>
<1>
  <nome>João</nome>
  <idade>24</idade>
  <morada>
    <pais>Portugal</pais>
    <cidade>Vila Real</cidade>

```

```
</morada>
</1>
```

Exemplo 3.17: Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor `xml-js`

XMLBUILDER

A biblioteca tem como intuito principal a construção de documentos **XML** através do uso de funções, como se pode comprovar de seguida:

```
var builder = require('xmlbuilder');

var xml = builder.create('pessoa')
  .ele('nome', 'Maria')
  .up()
  .ele('idade', {'tipo': 'numero'}, '23')
  .up()
  .ele('morada')
  .ele('pais', 'Portugal')
  .up()
  .ele('cidade', 'Braga')
  .up()
  .up()
  .ele('altura', {'unidade': 'cm'}, '160')
  .up()
  .com('Isto é um comentário')
  .end({ pretty: true});
```

Exemplo 3.18: Código para a construção em **XML** do exemplo 3.15 usando o `xmlbuilder`

Além disso, permite a geração do **XML** a partir de um objeto **JSON** o que permite, como tal, a conversão de **JSON** para **XML** que se necessita.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<nome>Maria</nome>
<idade>22</idade>
<morada>
  <pais>Portugal</pais>
  <cidade>Braga</cidade>
</morada>
<nome>João</nome>
<idade>24</idade>
<morada>
  <pais>Portugal</pais>
  <cidade>Vila Real</cidade>
</morada>
```

Exemplo 3.19: Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor `xmlbuilder`

Na construção do documento a partir de um objecto, quando se pretende que um elemento tenha um atributo, é necessário que o objeto para essa chave possua um objeto em vez de apenas o valor. Nesse objeto, as propriedades começadas por '@' indicam atributos ('@unidade': 'cm' onde 'unidade' é o nome do atributo e 'cm' é o valor do atributo) e a propriedade '#text' representa o valor do elemento.

Há também a possibilidade de sobreescrever as funções usadas para escrever o documento XML (funções de escrita dos elementos, comentários, etc) bem como as funções que convertem os valores (texto anotado, nome de elementos e atributos, etc).

Por fim, convém referir que esta biblioteca já possui uma sucessora, [xmlbuilder2](#), que foi redesenhada por forma a estar em total conformidade com a especificação moderna do DOM.

XML2JS

De igual forma como a biblioteca [xml-js](#), esta biblioteca consegue converter de [JSON](#) para XML como de XML para [JSON](#).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<root>
  <nome>Maria</nome>
  <idade>22</idade>
  <morada>
    <pais>Portugal</pais>
    <cidade>Braga</cidade>
  </morada>
  <nome>João</nome>
  <idade>24</idade>
  <morada>
    <pais>Portugal</pais>
    <cidade>Vila Real</cidade>
  </morada>
</root>
```

Exemplo 3.20: Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor [xml2js](#)

Se se pretende que um determinado elemento possua atributos é necessário que o objeto para esse elemento seja um objeto ({\$: {unidade: 'cm'}, _: '160'}) onde '_' é o texto anotado e os vários atributos devem estar no objeto da propriedade '\$' em que o nome da propriedade é o nome do atributo e o valor da propriedade e o valor do atributo.

3.5.2 CSV

Comma Separated Values (CSV) como o seu acrónimo indica é um documento em que os campos de um registo são separados por uma vírgula. Contudo, os campos não precisam de ser obrigatoriamente separados por vírgula já que podem também ser separados por ponto

e vírgula, tabs, pipes (‘|’) ou ainda outro qualquer caractere que se pretenda usar. Quando se usa o caractere separador ou uma nova linha (‘\n’) no campo de um registo, por forma a não ser considerado como um separador de campos ou de registos respetivamente, pode-se encapsolar os valores por aspas (‘”’) sendo que também se pode usar outro caractere em vez das aspas. Já quando se usa o caractere de encapsolamento no campo de um registo este deve ser protegido (**escaped**) repetindo o mesmo caractere de encapsolamento.

Um documento **CSV** é nada mais que uma tabela que guarda dados em texto. É usado essencialmente para a troca de dados.

Após esta pequena introdução ao **CSV** apresenta-se as regras de sintaxe para a criação de um documento **CSV**:

- Campos separados com um separador, normalmente uma vírgula
- Cada registo deve estar numa linha. Cada registo deve começar numa linha, mas cada registo pode ter várias linhas, desde que os campos multi linha sejam encapsolados por aspas
- Após o último registo não deve estar presente um *carriage return*
- Opcionalmente, na primeira linha do documento, deve estar presente o cabeçalho com os nomes das colunas separados pelo separador usado no resto do documento
- O caractere de encapsolamento deve ser usado para encapsolar um campo quando necessário (pode ser usado sempre), isto é, quando o caractere separador ou uma nova linha (‘\n’) são usados num campo de um registo

```
Nome,Idade,País,Cidade,Altura
"Silva, Maria",23,Portugal,Braga,160cm
```

Exemplo 3.21: Pequeno exemplo em **CSV**

Bibliotecas de conversão

Nesta secção irá também ser aprofundada algumas bibliotecas de conversão de **JSON** para **CSV**, aquelas com maior popularidade no **NPM**.

PAPAPARSE

O **papaparse** tem como principal objetivo realizar o *parse* de ficheiros **CSV**. Consegue contudo reverter, convertendo de **JSON** para **CSV**.

```
nome,idade,morada
Maria,22,[object Object]
João,24,[object Object]
```

Exemplo 3.22: Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor `papaparse`

Olhando para o resultado 3.22 consegue-se perceber que o conversor não consegue converter objetos aninhados. Para além disso, apesar de haver a possibilidade de alterar o caractere separador, o caractere de *escape*, o caractere de nova linha bem como definir o nome das colunas no cabeçalho, não é possível definir uma função por forma a alterar a conversão dos campos de cada propriedade.

JSON2CSV

Biblioteca totalmente dedicada à conversão de **JSON** para **CSV**. Tem como principais características:

- Permite a alteração dos carecteres de separação, de encapsolamento e de nova linha
- *Escape* automático
- Permite escolher que campos devolver (mesmo em objetos aninhados ou listas aninhadas) e que cabeçalho associar a cada campo
- Aceita funções de transformação para cada campo

```
"nome","idade","morada.pais","morada.cidade"
"Maria","22","Portugal","Braga"
"João","24","Portugal","Vila Real"
```

Exemplo 3.23: Resultado da conversão do exemplo 3.16 usando o conversor `json2csv`

Para além disso permite o *unwind* de uma propriedade que possua uma lista, fazendo com que sejam gerados x registos de acordo com o tamanho da lista, sendo alterado apenas os valores que proveem da lista. Infelizmente isto acrescenta mais colunas, não permitindo que no caso de os elementos da lista (filhos) tenham a mesma estrutura que o pai, sejam adicionados como novos registos, sem adicionar novas colunas e sem repetir a informação do pai.

Por exemplo, se pretendermos converter o seguinte documento **JSON**:

```
[
  {
    "nome": "Maria",
    "idade": "22",
    "morada": {
      "pais": "Portugal",
      "cidade": "Braga"
    },
    "filhos": [
      {
```



```

        "nome": "António",
        "idade": "24",
        "morada": {
            "pais": "Portugal",
            "cidade": "Aveiro"
        }
    },
    {
        "nome": "João",
        "idade": "24",
        "morada": {
            "pais": "Portugal",
            "cidade": "Vila Real"
        },
        "filhos": []
    }
]

```

Exemplo 3.24: Outro exemplo em JSON a converter

Usando este conversor é possível obter:

```

"nome","idade","morada.pais","morada.cidade","filhos.nome","filhos.idade","filhos
.morada.pais","filhos.morada.cidade"
"Maria","22","Portugal","Braga","António","2","Portugal","Braga"
"João","24","Portugal","Vila Real",,,,

```

Exemplo 3.25: Resultado da conversão do exemplo 3.24 usando o conversor json2csv

Quando o resultado pretendido seria por exemplo:

```

"nome","idade","morada.pais","morada.cidade"
"Maria","22","Portugal","Braga",
"António","24","Portugal","Aveiro"
"João","24","Portugal","Vila Real"

```

Exemplo 3.26: Resultado pretendido da conversão do exemplo 3.24

3.5.3 Ontologia

O que é uma ontologia?

Uma ontologia é uma descrição formal e explícita de conceitos num domínio de discurso (classes, chamado às vezes de conceitos), propriedades de cada conceito que descrevem várias características e atributos do conceito (slots, às vezes chamados de funções ou propriedades) e

restrições sobre slots (facetas, às vezes chamadas de restrições de função). [23] Uma ontologia, juntamente com um conjunto de instâncias individuais de classes, constitui uma base de conhecimento. [23]

Uma ontologia pode ser dividida em duas partes:

- Estrutura: Onde é definido as classes, as propriedades (slots) e as restrições das propriedades (facetas)
- População: Onde é definido indivíduos (de classes) e propriedades dos indivíduos. Esta parte é construída tendo por base a estrutura definida.

De certa forma, a estrutura é como se fosse o modelo definido e a população a informação guardada respeitando o modelo definido.

Falemos agora um pouco mais sobre cada componente de uma ontologia.

Começando pelas classes, estas correspondem a conceitos, sendo que uma classe pode ter subclasses (onde uma subclasse herda as propriedades da sua superclasse) e superclasses. Para além disso, as classes possuem instâncias (ou indivíduos). Quanto às propriedades das classes existem dois tipos:

- Atributos: propriedade que permite definir uma característica de uma classe (ou indivíduo) (p.e: Se pessoa for uma classe, o nome será um atributo)
- Relações: propriedade que permite estabelecer relações entre classes (ou indivíduos) (p.e: A relação de pai entre duas pessoas)

As próprias propriedades podem ser caracterizadas através das restrições. As principais restrições são:

- Cardinalidade: Indica quantos valores pode ter uma propriedade, 0 a n (p.e: Uma pessoa só tem um pai biológico.; outro exemplo: Uma pessoa pode ter várias nacionalidades)
- Tipo de valor: Indica que tipo de valor terá a propriedade (atributo), *string*, número, *boolean*, etc (p.e: A idade de uma pessoa é um número; outro exemplo: O nome de uma pessoa é uma *string*)
- *Domain* e *Range*: Indica que tipo de instâncias podem ser relacionadas por uma propriedade. O *Domain* indica a quem pertence a propriedade (atributo ou relação). Já o *Range* indica para uma relação o tipo de instâncias que podem ser relacionadas com o *Domain* (p.e: Na relação pai, o seu *Domain* e o seu *Range* são iguais a Pessoa.; outro exemplo: Seja Animal outra classe, a relação tem dono tem como *Domain* Animal e como *Range* Pessoa; ainda outro exemplo: O *Domain* do atributo nome é Pessoa)

Web Semântica

A *web* semântica é uma extensão da [WWW](#) com o objetivo de tornar a informação da internet legível por máquinas (*machine-readable*).

Para isso a [World Wide Web Consortium \(W3C\)](#) está a ajudar a criar a *stack* tecnológica necessária. O termo *web* semântica é a visão da [W3C](#) acerca da *Linked Data* na *Web*, ou seja, é a web dos dados em que a coleção de tecnologias da *web* semântica ([RDF](#), [SPARQL](#), [OWL](#), [SKOS](#), etc) oferece um ambiente onde as pessoas podem criar bases de dados na *web*, construir ontologias e escrever regras para manipular os dados; e onde as aplicações podem questionar esses dados e desenhar inferências usando vocabulários.

Para tornar a *web* dos dados uma realidade é necessário existir uma grande quantidade de dados na *web* num formato *standard* ([RDF](#)), acessível e gerível pelas ferramentas da *web* semântica. Além disso, a *web* semântica necessita também que exista relações entre os dados para criar a *web* dos dados (*Linked Data*). É também importante ser possível configurar *query endpoints* para aceder aos dados mais convenientemente. A [W3C](#) fornece uma paleta de tecnologias, das quais se destaca o [SPARQL](#), para obter acesso aos dados.

A *Linked Data* é usada para a integração em grande escala e o *reasoning*³³ dos dados na *web*.

Na *web* semântica, os vocabulários definem os conceitos e os relacionamentos usados para descrever e representar uma área de interesse. Não há uma divisão clara entre o que é referido como “vocabulários” e “ontologias”. A tendência é usar a palavra “ontologia” para coleções de termos mais complexos e mais formais, enquanto que “vocabulário” nas coleções menos formais. A [W3C](#) oferece várias técnicas para descrever e definir diferentes formas de vocabulários num formato *standard*. Estas incluem [RDF](#) e [RDF Schemas](#), [SKOS](#), [OWL](#) e [RIF](#). A escolha da tecnologia depende da complexidade e do rigor necessário.

Tal como as bases de dados relacionais ou o [XML](#) necessitam de linguagens de pesquisa (query) específicas ([SQL](#) e [XQuery](#), respetivamente), a *web* dos dados, tipicamente representada usando [RDF](#) como formato de dados, necessita também de uma linguagem de pesquisa. Isto é providenciado pelo [SPARQL](#), que é também um protocolo de comunicação, permitindo enviar queries e receber resultados, por exemplo, através de [HTTP](#) ou [SOAP](#).

As queries [SPARQL](#) são baseadas em padrões (triplos). O [RDF](#) pode ser visto como um conjunto de relacionamentos entre recursos (triplos [RDF](#)). As queries [SPARQL](#) possuem um ou mais padrões semelhantes aos triplos [RDF](#), exceto que um ou mais dos recursos constituintes referenciados são variáveis. Um motor [SPARQL](#) retornará os recursos que para todos os triplos correspondem a esses padrões. A informação devolvida pelos endpoints [SPARQL](#) pode ser uma tabela ou por exemplo [JSON](#).

GraphDB

O *GraphDB* é uma [Base de Dados \(BD\)](#) Semântica baseada em grafos compatível com os padrões [W3C](#). É a base de dados principal quando se pretende trabalhar com a *web* semântica. Suporta [RDF](#) e [SPARQL](#) e possui funcionalidades de exportação dos triplos presentes numa [BD](#) armazenada no *GraphDB*.

³³Em *web* semântica é a inferência de informação (triplos) a partir de um conjunto de factos (triplos), ou seja, a descoberta de novos factos (triplos)

Para um fácil uso e compatibilidade com os *standards* da indústria, o *GraphDB* implementou as interfaces da *framework RDF4J*, a especificação do protocolo [W3C SPARQL](#)³⁴ e suporta vários formatos de serialização [RDF](#)³⁵. [25]

O *GraphDB* é um *plugin SAIL* para a *framework RDF4J* fazendo uso extensivo dos recursos e infraestrutura do *RDF4J* especialmente do modelo [RDF](#), dos *parsers RDF* e dos motores de pesquisa. [24]

Assim, o *GraphDB* possui uma [REST API](#) do servidor *RDF4J*³⁶ a partir da qual é possível obter todos os triplos de uma [BD](#) através da rota

```
<url do GraphDB>/repositories/<id do repositório (BD)>/statements
```

indicando no cabeçalho [HTTP Accept](#) o formato de serialização [RDF](#)³⁵ de saída (*MIME type*³⁷) dos triplos.

3.6 MIGRAÇÃO HTTP PARA HTTPS

3.6.1 *Let's Encrypt*

TODO

3.6.2 *Nginx*

TODO

3.6.3 *acme.sh*

TODO: o que é e alternativas

3.7 [API GATEWAY](#)

Uma [API Gateway](#) encapsula a arquitetura interna em microserviços de uma aplicação, expondo uma única e simples [API](#) através de um único [URL](#), ou seja, um único ponto de entrada para a aplicação. Em arquiteturas baseadas em microserviços o não uso de uma [API Gateway](#) implica que os utilizadores da aplicação tenham provavelmente de agregar dados de diferentes serviços, manter vários *endpoints*, realizar uma maior quantidade de pedidos e ter possivelmente uma autenticação diferente para cada serviço.

Uma [API Gateway](#) inclui normalmente [13, 19]:

³⁴Ver <https://www.w3.org/TR/sparql11-protocol/>

³⁵*TriG*, *BinaryRDF*, *TriX*, *N-Triples*, *N-Quads*, *N3*, *RDF/XML*, *RDF/JSON*, *JSON-LD* e *Turtle*

³⁶Ver <https://rdf4j.org/documentation/rest-api/>

³⁷*Standard* que indica a natureza e o formato de um documento, ficheiro ou conjunto de *bytes*. Ver [RFC 6838](#)

- Segurança (Autenticação e Autorização)
- Gestão de cotas e *throttling*
- Caching
- Processamento e composição da API
- Roteamento
- Monitorização da API
- Versionamento (possível automatização)
- Balanceamento de carga
- *Rate Limit*

Além disso, a *API Gateway* tem como vantagens: [13, 31]

- Simplifica o código da API
- Oferece um vista única e central da API e, portanto, é mais provável que permita uma política consistente
- Agregação e transformação de dados para simplificar a interação dos clientes com os microserviços distribuídos. A agregação de dados permite também reduzir o número de pedidos
- Esconder a arquitetura interna e distribuir as aplicações baseadas em microserviços reduzindo, geralmente a sobrecarga de configuração
- Código do cliente mais simples e limpo: quando os serviços cliente e *backend* são separados, o cliente não necessita de saber os vários serviços individuais do *backend* facilitando a manutenção do código bem como a refaturação dos serviços sem que estas tenham impacto entre cliente e *backend*. Além disso, com uma *API Gateway* não é necessário construir lógica por forma a acompanhar os *endpoints*.
- Menos latência é igual a uma melhor experiência do utilizador: uma operação do lado do cliente pode necessitar de realizar vários pedidos aos serviços de *backend*, aumentando a latência da operação. Com a presença de uma *API Gateway* pode ser efetuado um único pedido a esta que irá realizar os pedidos internos necessários, agregar os resultados e devolver a resposta ao cliente.
- Autenticação e Encriptação simplificada: Sem o uso de uma *API Gateway* cada serviço de *backend* necessita de tomar as suas decisões de segurança o que aumenta a complexidade do código a desenvolver para um microserviço. Com o aumento da complexidade do código aumenta a possibilidade de erros bem como o aumento da superfície de ataque

por utilizadores mal intencionados. Com o uso de uma *API Gateway* toda a segurança está centralizada num único serviço.

Contudo, tem como desvantagens [13]:

- Possível ponto único de falha ou de *bottleneck*
- Risco de complexidade já que todas as regras da *API* estão num único local
- Risco de *lock-in* e a migração pode não ser simples

Olhando um pouco mais da perspetiva da segurança o controlo de acesso é a principal vantagem de segurança de uma *API Gateway* permitindo a uma organização gerir quem pode aceder à *API* e estabelecer regras de como os pedidos de dados são tratados. O acesso de controlo estende-se também a outras políticas como o *rate limit* às rotas da *API* ou até o pagamento para aceder a certos recursos da *API*.

Como todo o tráfego das rotas da *API* passa por um *gateway*, os especialistas de segurança sentem-se mais confiantes de que têm no “no pulso” a *API*. [13]

A *API Gateway* pode introduzir segurança nas mensagens enviadas entre os serviços internos através de encriptação tornando os serviços internos mais seguros. Além disso, é necessário um correto mecanismo de autenticação em conjunto com o uso de *TLS* por forma a evitar o acesso a rotas de pessoas não autorizadas. O uso de um mau mecanismo de autenticação (p.e. ser apenas necessário fornecer o número de telemóvel) pode levar a que qualquer pessoa consiga obter os dados de outra por exemplo.

Outro ponto a ter em conta em relação à proteção de uma *API* é a proteção contra ameaças. Sem esta, a *API Gateway*, a(s) *API*(e) e outros serviços estão inseguros. Ou seja, potenciais hackers ou malware podem facilmente tentar propagar ataques tais como *DDoS* ou injeções de *SQL*, *Regex*, *XML* ou ainda no caso específico da *CLAV* injeções de *SPARQL*. É assim importante realizar validação de *input* da *API*. As validações de *input* mais comuns são:

- Tamanho da mensagem
- Proteção contra injeções *SQL*
- Proteção contra *content-level attacks* do *JSON*. Estes ataques são o uso de grandes ficheiros *JSON* por forma a sobrecarregar o *JSON parser* e este eventualmente *crashar*.
- Proteção contra ameaças em *XML*. Estes ataques envolvem normalmente *payloads* recursivos, injeções *SQL* ou *XPath/XSLT* com o mesmo intuito de sobrecarregar o *XML parser* e este eventualmente *crashar*.

Já no caso do tratamento de erros e do código de estado *HTTP* em resposta aos pedidos, é uma boa prática que sejam devolvidos os códigos de estado corretos e com mensagens de erro curtas (apenas o necessário) sem incluírem o *stack trace* visto ser um ponto de insegurança ao permitir qualquer intruso saber por exemplo, as *packages* e as *frameworks* usadas. A *API*

Gateway pode ser usada para uniformizar as mensagens de erro devolvidas, impedindo também a possível exposição do código do *backend*.

Por último, ao obrigar a autenticação de todos os utilizadores da *API* e ao manter *logs* dos acessos à *API* torna possível limitar a taxa de consumo da *API* para os utilizadores desta. Muitas *API Gateways* permitem limitar o número de acessos que podem ser feitos para cada recurso da *API* por segundo, minuto, dia ou outra restrição relevante.

Existem várias *API Gateways* das quais se destacam Express Gateway, Kong, Moleculer *API Gateway*, Tyk *API Gateway* e Nginx Plus. Iremos explorar um pouco de cada. Existem outras como, por exemplo, *Amazon's API Gateway*, contudo é apenas utilizável se pretendermos usar *aws* e as suas máquinas para o *deployment*. Como não é o caso, não a iremos explorar nesta secção.

3.7.1 Express Gateway

Express Gateway é uma *API Gateway* que pode ser colocada em qualquer arquitetura de microserviços, independentemente da linguagem ou plataforma que se use. O *Express Gateway* protege e expõe os microserviços através de *APIs* usando *Node.js*, *ExpressJS* e *middleware Express*. Além disso é *open-source* e possui as seguintes funcionalidades: [16]

- Políticas empresariais que são normalmente pagas noutras *API Gateways* são aqui gratuitas
- Configuração através de um ficheiro *YAML*
- Arquitetura de *plugins*
- Extensível com mais de 3000 módulos
- Corre em qualquer lado (Docker, etc)
- Deteta automaticamente e recarrega quando há alterações na configuração
- Suporta qualquer linguagem e *framework*
- Suporta todos os casos de uso de microserviços, padrões e arquiteturas
- Suporte para *HTTPS*, *CORS*, *JWT* entre outros

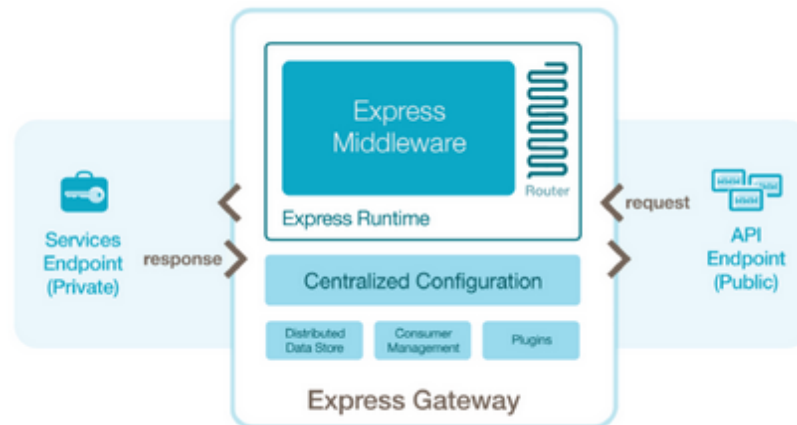


Figura 9: Arquitetura do *Express Gateway*. [7]

Por definição, o *Express Gateway* usa uma base de dados em memória para testes e para começar a experimentar. O *Express Gateway* pode correr com ou sem *backend* e se uma base de dados persistente for desejada é suportado o *Redis*. A configuração do *Express Gateway* é armazenada num ficheiro **YAML** e como tal o *Express Gateway* apenas guarda dados transacionais como informação de utilizadores e de *tokens* de acesso na base de dados. Ou seja, nem sempre é necessário o uso da base de dados, depende do caso de uso.

A configuração como já referido é definida num ficheiro **YAML** sendo que existe uma **API** e uma **CLI** para gerir utilizadores e credenciais. Oficialmente não existe uma **GUI** para a **API**.

Quanto ao desenvolvimento de *plugins* para o *Express Gateway* o mesmo pode ser feito através de *JavaScript* usando a *framework Express*. Os *plugins* são análogos ao *middleware Express*.

3.7.2 Kong

O *Kong* é uma *API Gateway open-source* escalável, escrita em *Lua* e que pode correr à frente de qualquer **API**. O *Kong* é construído em cima do *Nginx*, *OpenResty* e *Apache Cassandra* ou *PostgreSQL*. O *core* do *Kong* pode ser expandido em termos de funcionalidades e serviços através de *plugins*.

Algumas das funcionalidades presentes são: [16]

- Tarefas de configuração e administração divididas entre **REST API** e **CLI**
- Extensível através de 36 *plugins* disponíveis (6 deles são comerciais, o resto é *open-source*)
- Corre em qualquer lado (Kubernetes, Docker, etc)
- Escala ao apenas adicionar mais máquinas
- Realiza balanceamento de carga dinamicamente através dos vários serviços de *backend*

- Suporte para um conjunto de políticas para todos os *endpoints* da API que pode ser modificado com fluxo condicional
- Suporta qualquer *framework* e linguagem
- Suporta todos os casos de uso de microserviços, padrões e arquiteturas
- Suporte para [HTTPS](#), [CORS](#), [JWT](#) entre outros

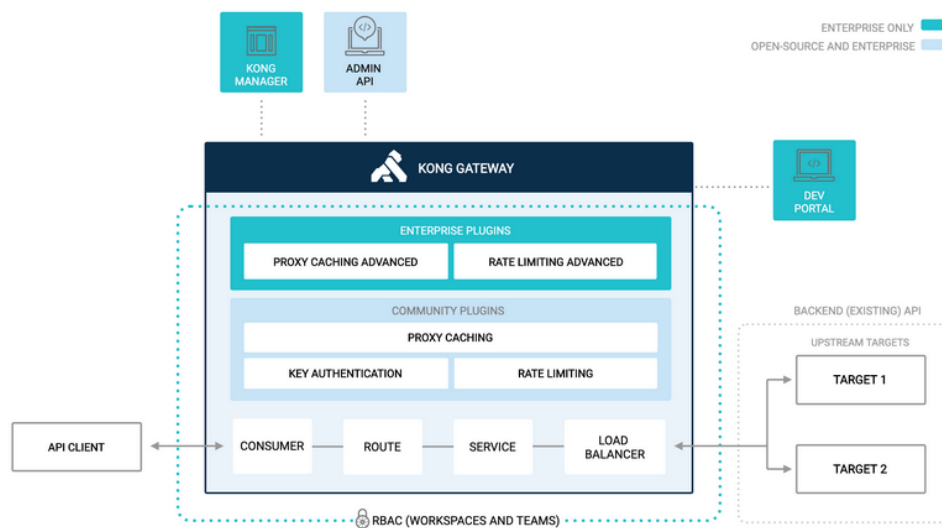


Figura 10: Arquitetura do Kong. [7]

A forma mais fácil de instalar (*deploy*) o Kong é através do uso de *Docker* ou de *Kubernetes*. A configuração do Kong é armazenada no *PostgreSQL* ou no *Cassandra*. Há, contudo, a hipótese de usar uma configuração declarativa que não necessita de uma base de dados para manter a configuração. Esta configuração declarativa é definida pelo utilizador num ficheiro [YAML](#) ou [JSON](#) e tem várias vantagens já que reduz a carga de trabalho da máquina de instalação, reduz o número de dependências, diminui a necessidade de manutenção e permite a automatização do processo de *deploy*. [5] A [GUI](#) oficial de administração do Kong apenas está disponível na versão paga, contudo é possível usar uma versão *third-party* como por exemplo o *Konga*.

Como o Kong é construído sobre o *Nginx* os vários *plugins* necessitam de ser escritos em *Lua*.

Uma das principais desvantagens do Kong é que muitas das funcionalidades tem de ser ativadas através da configuração obrigando a um tempo inicial de *setup*.

3.7.3 *Moleculer API Gateway*

Moleculer é uma *framework open-source* que contém as funcionalidades mais importantes numa arquitetura baseada em microserviços. Ajuda a construir serviços escaláveis, eficientes e fiáveis oferecendo também várias funcionalidades para construir e gerir os microserviços.

Das várias funcionalidades desta *framework* está presente o módulo da *API Gateway*.

Esta *API Gateway* tem como funcionalidades: [22]

- Suporta [HTTP](#) e [HTTPS](#)
- Serve ficheiros estáticos
- Suporta *middlewares*
- Suporta o *upload* de ficheiros
- Multiplos *body parsers* ([JSON](#), *urlencoded*)
- Cabeçalhos [CORS](#)
- [HTTP2](#)
- *Rate limiter*
- Suporta autorização
- Modo *middleware*

Para além disso, esta *API Gateway* pode ser usada como *middleware* numa *API* desenvolvida com *Express* (o caso da *API* da [CLAV](#)). Contudo, o recomendável para usar esta *API Gateway* é que a *API* tenha sido desenvolvida com a *framework Moleculer*.

3.7.4 *Tyk API Gateway*

O *Tyk* é uma *API Gateway open-source* com componentes gratuitos e outros pagos. Esta plataforma é escrita em *Go* e consiste numa *API Gateway* e num *Dashboard*. Enquanto que o *core* da *API Gateway* é gratuita e *open-source*, o *dashboard* requiere a compra de licenças. A versão gratuita permite o uso de uma instância *API Gateway*. Para duas ou mais instâncias é necessário pagar. O *Tyk* também possui uma versão *cloud* (*Tyk Cloud*) em que a versão gratuita permite até 50000 pedidos à *API* diariamente. Tudo acima disso é também necessário pagar.

Em termos de funcionalidades, o *Tyk* possui: [17]

- [API RESTful](#)
- Multiplos protocolos de acesso

- *Rate limiting* e cotas
- Controlo de acesso granular
- Expiração de chaves
- Versionamento da API
- Logs
- Restarts sem tempo de inatividade
- Suporte para HTTPS, CORS, JWT entre outros

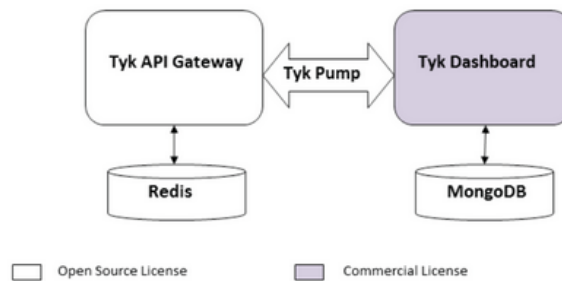


Figura 11: Arquitetura do Tyk. [17]

O *core* da API Gateway apenas necessita do Redis contudo o produto todo (incluindo o dashboard) necessita também como dependências MongoDB e Tyk Pump. Isto coloca uma maior carga na máquina do servidor que se pode evitar tornando também mais difícil de instalar e de gerir numa máquina local.

Em termos de administração, o tyk possui duas hipóteses, a gestão através da web GUI ou através de REST APIs. A configuração do Tyk é armazenada no Redis. O Tyk é melhor que os seus concorrentes (Kong e Nginx) para projetos que pretendem ter a maioria das funcionalidades a funcionar desde o dia um (apenas na versão paga) visto não ser necessário explorar as várias opções disponíveis o que pode demorar algum tempo. [18]

3.7.5 Nginx Plus

O Nginx Controller disponível permite gerir o Nginx Plus por forma a servir de load balancer, proxy ou ainda de API Gateway. Com o módulo API Management do Nginx Controller é possível definir, publicar, proteger, monitorizar e analisar APIs. Para tal o Nginx Controller gera configuração para o Nginx Plus.

Numa comparação de performance com o Kong verifica-se que o Nginx Plus escala melhor do que o Kong. [21] Nos testes realizados chegou-se à conclusão que o módulo API Management do Nginx Plus adiciona 20% a 30% menos latência aos pedidos dos utilizadores se compararmos

com o *Kong*. Além disso, usa menos 40% de CPU se compararmos com o *Kong* com a mesma carga de trabalho.

Em termos de funcionalidades o *API Management* do *Nginx Controller* possui: [12]

- Definição e publicação da *API*: Permite criar múltiplas definições de *API* e os seus recursos de componentes, gerenciar servidores *backend*, direcionar recursos e publicar a configuração resultante nas instâncias *Nginx Plus*.
- *Rate limiting*: Permite mitigar ataques de *DDoS* e protege as aplicações de serem inundadas de pedidos ao definir limites de *bandwidth* e de pedidos.
- *Autenticação*: Permite autenticar pedidos usando *API keys* e *JWTs*.
- Monitorização e alerta: Permite analisar a performance e as métricas das instâncias *Nginx Plus*. Permite também definir alertas quando alguma métrica passa certo valor.

Além destas funcionalidades é possível também usar o *Nginx Controller* para criar/gerir *load balancers*. O *Nginx Plus* é uma versão paga e a versão gratuita do *Nginx* não possui o *Nginx Controller* mas é possível usar a versão gratuita através do uso de *plugins* por forma a produzir uma *API Gateway* [18]. O uso da versão gratuita obriga claro a um maior trabalho e *try and error* por forma a atingir o objetivo final.

A principal dificuldade de usar o *Nginx* é que a configuração pode ser um pouco complicada de usar e de perceber na sua totalidade possuindo uma acentuada curva de aprendizagem.

3.8 INSTALAÇÃO/MIGRAÇÃO/INTEGRAÇÃO

3.8.1 Docker

TODO

3.8.2 Docker Compose

TODO

SOLUÇÃO

4.1 PROTEÇÃO DA API DE DADOS

Quanto à forma como os pedidos serão feitos à API poderão ser feitos de duas formas, através da *header HTTP Authorization* ou através da *query string* do pedido em um dos seguintes campos:

token caso seja o token de um utilizador:

`http://example.com/path/page?token=<token>`

apikey caso seja uma Chave API:

`http://example.com/path/page?apikey=<Chave API>`

Na *header Authorization* irá ser usado o esquema de autenticação *Bearer*¹ com umas pequenas alterações. Portanto o conteúdo da *header Authorization*:

- Caso seja o token de um utilizador é:
`token <token>`
- Caso seja uma Chave API é:
`apikey <Chave API>`

ao invés do esquema de autenticação predefinido do *Bearer*: `Bearer <token/Chave API>`

Convém referir que a Chave API é também um *token*. A divisão entre utilizadores e chaves API permite uma mais fácil gestão dos *tokens* recebidos pela API bem como usar duas formas diferentes de os gerar/verificar com o possível benefício de melhorar a segurança da API.

Os *tokens* gerados pela API serão JWTs. Contudo poderiam ser outro tipo de *tokens* (por exemplo uma *string* aleatória e única) que o processo de envio dos *tokens* para a API manter-se-ia igual.

Após descrito como poderão ser feitos os pedidos à API, irá ser apresentado possíveis fluxos de interação entre utilizadores (*browser*, *app*, etc) e o servidor da API.

O fluxo de autenticação de um utilizador na API a ser implementado será o seguinte:

¹Mais informação em <https://tools.ietf.org/html/rfc6750>

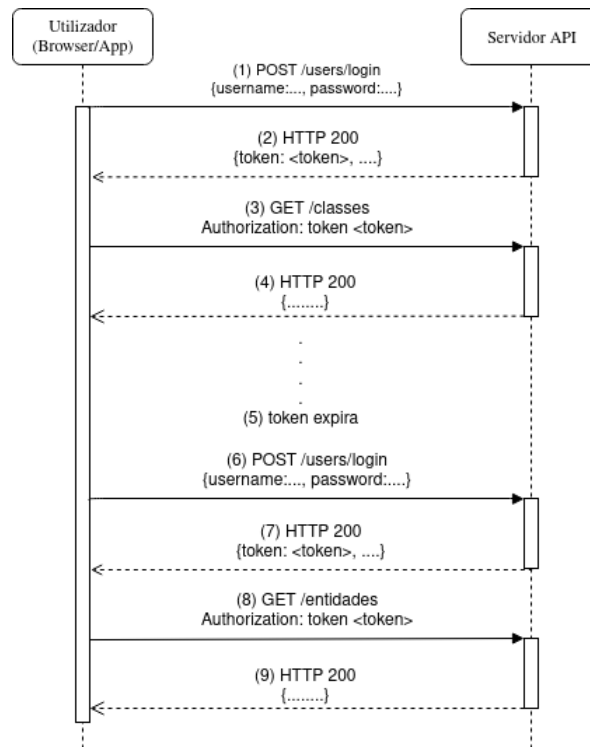


Figura 12: Fluxo de autenticação e posteriores pedidos de um utilizador

1. Utilizador autentica-se ao providenciar o seu *email* e a sua *password*
2. Caso o utilizador se autentique com sucesso é devolvido um *token* que deve ser usado nos restantes pedidos até expirar
3. Utilizador realiza um pedido para obter as classes, colocando o token na *header Authorization*
4. Caso o *token* enviado seja válido e não tenha expirado são devolvidas as classes
5. *Token* expirou após o tempo definido
6. Utilizador realiza uma nova autenticação por forma a obter um novo *token*
7. Caso o utilizador se autentique com sucesso é devolvido um *token* que deve ser usado nos restantes pedidos até expirar
8. Utilizador realiza um pedido para obter as entidades, colocando o token na *header Authorization*
9. Caso o *token* enviado seja válido e não tenha expirado são devolvidas as entidades

O fluxo de autenticação e renovação de uma Chave API na API a ser implementado será o seguinte:

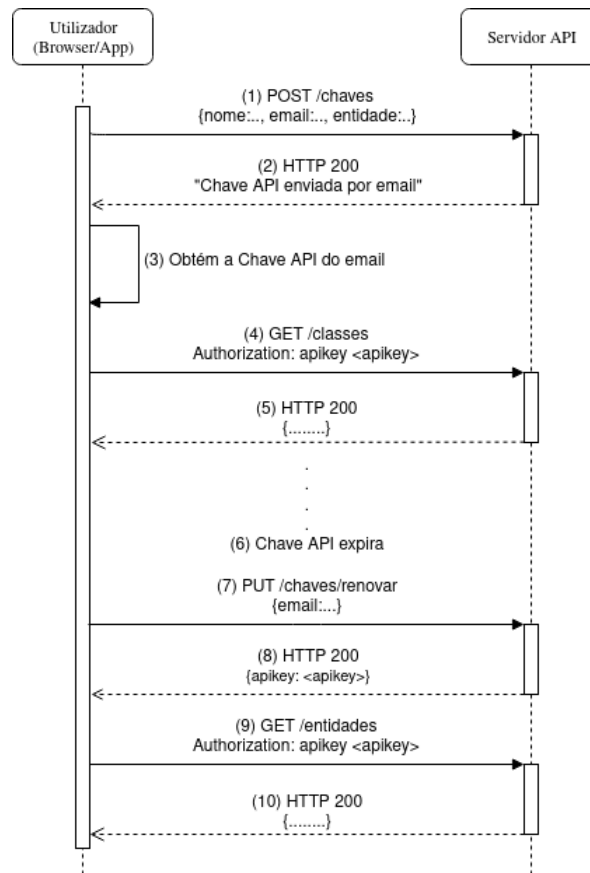


Figura 13: Fluxo de autenticação e posteriores pedidos de uma chave API

1. Utilizador cria uma chave API ao providenciar o nome, email e entidade
2. A Chave API é enviada para o email fornecido pelo utilizador com o objetivo de ser usada nos próximos pedidos
3. O utilizador obtém a chave API do email enviado
4. Utilizador realiza um pedido para obter as classes, colocando a chave API na *header Authorization*
5. Caso a Chave API enviada seja válida e não tenha expirado são devolvidas as classes
6. Chave API expirou após o tempo definido
7. Utilizador renova a Chave API ao providenciar o email usado para criar a Chave API
8. A nova (renovada) Chave API é devolvida para ser usada nos restantes pedidos
9. Utilizador realiza um pedido para obter as entidades, colocando a Chave API na *header Authorization*
10. Caso a Chave API enviada seja válida e não tenha expirado são devolvidas as entidades

TODO: completar

4.2 AUTENTICAÇÃO ATRAVÉS DE CMD

TODO

4.3 DOCUMENTAÇÃO

No estado da arte foram abordadas várias alternativas ao *Swagger UI*. A partir da tabela 2 e tendo em conta que:

- Não há financiamento
- Já existe uma API desenvolvida
- A documentação deve estar acessível de um domínio próprio
- A documentação deve ser fácil de criar, de editar e de manter
- Será usada a especificação *OpenAPI*

as várias alternativas ficam reduzidas ao *Swagger UI* e ao *ReDoc*. Optou-se por escolher o *Swagger UI* visto ser a ferramenta mais amplamente usada para além de que é possível obter também uma fácil integração no *Swagger UI* com recurso à package `swagger-ui-express` já aprofundada no estado da arte. Além disso, escolheu-se a package `yaml-include` por forma a auxiliar a produção da documentação na criação do ficheiro com a especificação *OpenAPI*, permitindo que esta documentação seja modular.

TODO

4.4 EXPORTAÇÃO DE DADOS

Nesta secção será apresentado a especificação dos documentos finais das exportações a realizar, decidindo se algumas das bibliotecas apontadas no estado da arte (??) permitem auxiliar ou realizar as conversões necessárias.

4.4.1 XML

De seguida, apresenta-se a especificação do documento final em XML:

- Os dados exportados devem ser encapsulados com a tag `root` por forma a garantir que só existe um elemento `root` no documento XML gerado respeitando as regras do XML
- Para cada tipo de dados do JSON deve ser convertido da seguinte forma:

- *string*: Manter-se igual tirando os caracteres “<”, “>”, “&”, “'” e “” que devem ser convertidos para a *Entity Reference*² correspondente
- *number*: Manter-se igual
- *boolean*: Manter-se igual
- *null*: Origina uma *string* vazia
- *array*: Cada item do *array* deve ser encapsulado numa *tag* item que possui um atributo **index** que indica a posição do elemento no *array* e um atributo **type** que indica o tipo do elemento do *array*. O tipo pode ser *number*, *boolean*, *string*, *array* ou *object*.
- *object*: Para cada propriedade deve ser criado uma *tag* com valor igual à chave da propriedade e ao valor da propriedade deve ser aplicado recursivamente uma das transformações desta lista. Esta *tag* deve ter um atributo **type** em que o seu valor, tal como nos *arrays*, pode ser *number*, *boolean*, *string*, *array* ou *object*.

Depois de compreendida a especificação se observarmos as bibliotecas exploradas na secção do estado da arte percebemos que não há nenhuma que permita obter esta especificação sem alterar o objeto [JSON](#) a exportar (a converter) o que acaba por em certas situações ser mais complicado do que construir um conversor específico para esta especificação. Assim, decidiu-se que seria criado um conversor de [JSON](#) para [XML](#).

4.4.2 [CSV](#)

O documento [CSV](#) exportado deve respeitar a seguinte especificação:

- O conjunto de objetos permitidos é lista de classes, de entidades, de tipologias e de legislações e objeto de classe, de entidade, de tipologia e de legislação.
- A conversão das listas de classes, de entidades, de tipologias e de legislações deve ter a presença dos títulos na primeira linha e depois um elemento por linha.
- Todos os valores das propriedades tem de ser encapsulados com aspas (“
- Os valores de uma linha devem ser concatenados com ponto e vírgula (;)
- As linhas devem ser concatenadas com nova linha (\n)
- Caso o valor de uma propriedade a converter seja uma lista, a conversão a realizar irá depender da propriedade e do objeto que está a ser convertido:
 - Num objeto Classe:
 - * Propriedade ‘notasAp’:

²“<” para “<”, “>” para “>”, “&” para “&”, “'” para “'” e “” para “"”

- Título: Notas de aplicação
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘nota’ de cada elemento da lista
- * Propriedade ‘exemplosNotasAp’:
 - Título: Exemplos de NA
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘exemplo’ de cada elemento da lista
- * Propriedade ‘notasEx’:
 - Título: Notas de exclusão
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘nota’ de cada elemento da lista
- * Propriedade ‘termosInd’:
 - Título: Termos Indice
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘termo’ de cada elemento da lista
- * Propriedade ‘donos’:
 - Título: Donos do processo
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘sigla’ de cada elemento da lista
- * Propriedade ‘participantes’, gera duas colunas no [CSV](#):
 - Título: Participante no processo
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘sigla’ de cada elemento da lista
 - Título: Tipo de intervenção do participante
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘participLabel’ de cada elemento da lista
- * Propriedade ‘processosRelacionados’, gera três colunas no [CSV](#):
 - Título: Código do processo relacionado
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘codigo’ de cada elemento da lista
 - Título: Título do processo relacionado
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘titulo’ de cada elemento da lista
 - Título: Tipo de relação entre processos
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade ‘idRel’ de cada elemento da lista

- * Propriedade ‘legislacao’, gera duas colunas no [CSV](#):
 - Título: Diplomas jurídico-administrativos REF Ids
Valor: Concatenação por #\n da propriedade ‘idLeg’ de cada elemento da lista
 - Título: Diplomas jurídico-administrativos REF Títulos
Valor: Cada elemento da lista é mapeado para a concatenação da propriedade ‘tipo’ com a propriedade ‘numero’ com um espaço entre as duas propriedades; Concatenação por #\n do mapeamento de cada elemento da lista
- * Propriedade ‘filhos’: cada elemento deve ser convertido como se tratasse de um objeto classe; Deve ser ignorado os títulos gerados, mantendo apenas os valores numa nova linha do [CSV](#)
- Num objeto Entidade:
 - * Propriedade ‘dono’:
 - Título: Dono no processo
Valor: Concatenação por #\n da propriedade ‘codigo’ de cada elemento da lista
 - * Propriedade ‘participante’, gera duas colunas no [CSV](#):
 - Título: Participante no processo
Valor: Concatenação por #\n da propriedade ‘codigo’ de cada elemento da lista
 - Título: Tipo de intervenção no processo
Valor: Concatenação por #\n da propriedade ‘tipoPar’ de cada elemento da lista
 - * Propriedade ‘tipologias’:
 - Título: Tipologias da entidade
Valor: Concatenação por #\n da propriedade ‘sigla’ de cada elemento da lista
- Num objeto Tipologia:
 - * Propriedade ‘dono’:
 - Título: Dono no processo
Valor: Concatenação por #\n da propriedade ‘codigo’ de cada elemento da lista
 - * Propriedade ‘participante’, gera duas colunas no [CSV](#):
 - Título: Participante no processo
Valor: Concatenação por #\n da propriedade ‘codigo’ de cada elemento da lista

- Título: Tipo de intervenção no processo
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade `'tipoPar'` de cada elemento da lista
- Num objeto Legislação:
 - * Propriedade `'entidades'`:
 - Título: Entidades
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade `'sigla'` de cada elemento da lista
 - * Propriedade `'regula'`:
 - Título: Regula processo
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade `'codigo'` de cada elemento da lista
- Na propriedade `'pca'` de um objeto Classe:
 - * Propriedade `'justificacao'`, gera duas colunas no [CSV](#):
 - Título: Critério PCA
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade `'tipoId'` de cada elemento da lista
 - Título: ProcRefs/LegRefs PCA
Valor: Cada elemento da lista é mapeado para a concatenação por `#\n` da lista presente na propriedade `'processos'` ou na propriedade `'legs'` sendo a concatenação encapsolada por parênteses curvos; Concatenação por `#\n` do mapeamento de cada elemento da lista
- Na propriedade `'df'` de um objeto Classe:
 - * Propriedade `'justificacao'`, gera duas colunas no [CSV](#):
 - Título: Critério DF
Valor: Concatenação por `#\n` da propriedade `'tipoId'` de cada elemento da lista
 - Título: ProcRefs/LegRefs DF
Valor: Cada elemento da lista é mapeado para a concatenação por `#\n` da lista presente na propriedade `'processos'` ou na propriedade `'legs'` sendo a concatenação encapsolada por parênteses curvos; Concatenação por `#\n` do mapeamento de cada elemento da lista
- Caso o valor de uma propriedade seja um objeto, as propriedades do objeto aninhado devem ser processadas como se tratassem de propriedades do objeto possuidor da propriedade com o objeto aninhado
- Nos casos em que o valor não é uma lista nem um objeto deve ser mantido o valor (apenas encapsulado por `"`) e associado o seguinte título:

- Num objeto Classe:
 - * Propriedade ‘codigo’: Código
 - * Propriedade ‘titulo’: Título
 - * Propriedade ‘descricao’: Descrição
 - * Propriedade ‘tipoProc’: Tipo de processo
 - * Propriedade ‘procTrans’: Processo transversal (S/N)
 - * Propriedade ‘dono’: Dono
 - * Propriedade ‘participante’: Participante
- Num objeto Entidade:
 - * Propriedade ‘sigla’: Sigla
 - * Propriedade ‘designacao’: Designação
 - * Propriedade ‘estado’: Estado
 - * Propriedade ‘sioe’: ID SIOE
 - * Propriedade ‘internacional’: Internacional
- Num objeto Tipologia:
 - * Propriedade ‘sigla’: Sigla
 - * Propriedade ‘designacao’: Designação
 - * Propriedade ‘estado’: Estado
- Num objeto Legislação:
 - * Propriedade ‘tipo’: Tipo
 - * Propriedade ‘numero’: Número
 - * Propriedade ‘data’: Data
 - * Propriedade ‘sumario’: Sumário
 - * Propriedade ‘fonte’: Fonte
 - * Propriedade ‘link’: Link
- Na propriedade ‘pca’ de um objeto Classe:
 - * Propriedade ‘valores’: Prazo de conservação administrativa
 - * Propriedade ‘notas’: Nota ao PCA
 - * Propriedade ‘formaContagem’: Forma de contagem do PCA
 - * Propriedade ‘subFormaContagem’: Sub Forma de contagem do PCA
- Na propriedade ‘df’ de um objeto Classe:
 - * Propriedade ‘valor’: Destino Final

* Propriedade ‘notas’: Notas ao DF

- Na exportação para Excel as concatenações #\n devem ser apenas #
- As propriedades não referidas nesta especificação devem ser ignoradas

A partir da especificação e olhando para as bibliotecas de conversão exploradas no estado da arte chegou-se à conclusão que não havia nenhuma biblioteca que contivesse todas as funcionalidades necessárias. Contudo, é importante assinalar que a biblioteca `json2csv` possui grande parte das funcionalidades necessárias permitindo respeitar grande parte da especificação. Apesar disso, não é possível respeitar “*Propriedade ‘filhos’: cada elemento deve ser convertido como se tratasse de um objeto classe; Deve ser ignorado os títulos gerados, mantendo apenas os valores numa nova linha do CSV*”. Além disso, o uso da biblioteca em questão obrigaria à criação de várias funções de transformação de dados por forma a respeitar a especificação. Por estas duas razões, decidiu-se que era mais conveniente, mais rápido e mais fácil criar um conversor próprio de **JSON** para **CSV**.

4.4.3 Ontologia

Por fim quanto à exportação da ontologia, das três é a mais simples visto que o *GraphDB* como já se referiu no estado da arte, possui funcionalidades de exportação dos triplos de uma **BD**. Assim, apenas é necessário realizar um pedido à **API** de dados indicando no cabeçalho *Accept* do pedido o formato de saída.

Esta rota da **API** possui vários formatos de exportação pelo que se decidiu suportar na **API** da **CLAV** apenas as mais populares.

Portanto, dos vários formatos de serialização **RDF** serão apenas suportados (acessíveis) na **CLAV**, o **Turtle** (`text/turtle`), o **JSON-LD** (`application/ld+json`) e o **RDF/XML** (`application/rdf+xml`).

Apesar da facilidade de exportação da ontologia estes pedidos de exportação originam um grande consumo de recursos de *hardware* por parte do *GraphDB* visto que cada pedido devolve todos os triplos de uma **BD** (a atual **BD** da **CLAV** possui já cerca de 150 000 triplos explícitos e cerca de 85 000 triplos implícitos) para além da conversão necessária desses triplos para o formato de serialização **RDF** de saída. Deve-se então limitar o número de pedidos de exportação realizados ao *GraphDB*. Para tal irá ser usado o seguinte mecanismo de controlo/*cache*:

- Os ficheiros exportados são mantidos pela **API** da **CLAV**
- Mantém-se dois ficheiros por cada serialização **RDF**, um com os triplos explícitos e outro com os triplos implícitos.
- Se o ficheiro pretendido não existe na **API** da **CLAV** realiza-se o pedido de exportação ao *GraphDB*

- Se o ficheiro pretendido existe na [API](#) da [CLAV](#) mas não é atualizado há sete dias realiza-se o pedido de exportação ao *GraphDB*
- Se o ficheiro pretendido existe na [API](#) da [CLAV](#) e foi atualizado há menos de sete dias devolve-se ao utilizador o ficheiro guardado na [API](#) da [CLAV](#)
- Mantém-se na [API](#) da [CLAV](#) apenas o ficheiro mais recente para cada versão de cada serialização [RDF](#)
- Cada ficheiro é apenas atualizado (removendo o antigo) quando é feito um pedido por um utilizador desse ficheiro

Assim, respeitando todas estas restrições, são mantidas pela [API](#) da [CLAV](#) no máximo seis ficheiros, dois por cada serialização [RDF](#). Para além disso estes ficheiros são atualizados no melhor caso de sete em sete dias e no pior caso nunca se o ficheiro nunca for requisitado pelos utilizadores.

4.4.4 Exportação na [API](#) de dados

Nesta secção será explicado de que forma será possível exportar os dados da [API](#). Para tal definiu-se a *query string* `fs` (formato de saída) onde é possível indicar claro está o formato de saída. Esta *query string* estará presente nas rotas onde será possível exportar os dados. Para além disso, nestas rotas também se pode indicar o formato de saída através do cabeçalho `Accept`.

De seguida são apresentadas as rotas onde é possível realizar exportação, os formatos de saída disponíveis para cada rota bem como os valores a usar de forma a obter uma exportação nesse formato:

Rota	Formato de saída (valor a usar)
GET /<versãoAPI>/classes	<ul style="list-style-type: none"> • JSON (<code>application/json</code>) • XML (<code>application/xml</code>) • CSV (<code>text/csv</code> ou ainda <code>excel/csv</code> se se pretender o CSV no formato para o <i>Excel</i>)
GET /<versãoAPI>/classes/:id	
GET /<versãoAPI>/entidades	
GET /<versãoAPI>/entidades/:id	
GET /<versãoAPI>/tipologias	
GET /<versãoAPI>/tipologias/:id	
GET /<versãoAPI>/legislacao	
GET /<versãoAPI>/legislacao/:id	<ul style="list-style-type: none"> • Turtle (<code>text/turtle</code>) • JSON-LD (<code>application/ld+json</code>) • RDF/XML (<code>application/rdf+xml</code>)
GET /<versãoAPI>/ontologia	

Tabela 3: Rotas com exportação, formatos de saída disponíveis para cada rota e valores a usar por forma a exportar nesse formato de saída

Portanto, por exemplo para obter as Classes em [CSV](#) basta realizar o seguinte pedido à [API](#): `GET /versãoAPI/classes?fs=application/json`

Já em termos de fluxo dos dados durante esta exportação, para as 8 primeiras rotas da tabela 3 inicialmente os dados são obtidos da [BD](#), caso o formato de saída seja o [JSON](#) é devolvido a quem pediu sem qualquer conversão. Caso contrário os dados são convertidos através de um dos conversores já descritos para o formato de saída apropriado. Na última rota, a da exportação da ontologia, a informação é devolvida no formato apropriado pela própria [BD](#) (*GraphDB*) de acordo com o pedido.

4.5 API GATEWAY

Nesta secção é escolhida a tecnologia [API Gateway](#) a usar de acordo com os requisitos necessários.

Apresenta-se de seguida os requisitos que a [API Gateway](#) deve possuir:

- Ser gratuita e *open-source*
- Suportar [HTTPS](#), [CORS](#) e [JWT](#)
- Suportar Autenticação e Autorização personalizada (Criação de *plugin*/middleware)
- Possível automatização ao definir apenas ficheiros de configuração sem qualquer uso de [CLIs](#), [GUIs](#) ou [APIs](#)
- Suportar deployment em *Docker*
- Suportar *rate limit* e *cache*
- Suportar versionamento da [API](#)
- Balanceamento de carga e servir de *reverse proxy*
- *Logs* e métricas
- Integração da documentação desenvolvida na especificação *OpenAPI*

Antes de fazer uma comparação entre as várias [API Gateways](#) exploradas no estado de arte (3.7) há uma que é imediatamente descartada, a *Molecular API Gateway*. Esta [API Gateway](#) tem um melhor caso de uso quando a(s) [API\(s\)](#) desenvolvida(s) usam a *framework Molecular*. Como este não é o caso da [CLAV](#) não teremos em consideração esta [API Gateway](#) na próxima tabela.

Requisito	<i>Nginx</i>	<i>Kong</i>	<i>Tyk</i>	<i>Express Gateway</i>
Ser gratuita e <i>open-source</i>	✓	✓	✓	✓
Suportar HTTPS , CORS e JWT	JWT apenas na versão paga. Necessário usar <i>plugin</i>	✓	✓	✓
Suportar Autenticação e Autorização personalizada (Criação de <i>plugin</i> /middleware)	✓ (em <i>Lua</i>)	✓ (em <i>Lua</i> ou <i>Go</i>)	✓ (em <i>Python</i> , <i>Lua</i> ou <i>Javascript</i>)	✓ (em <i>Javascript</i>)
Possível automatização do <i>deployment</i> ao definir apenas ficheiros de configuração sem qualquer uso de CLIs , GUIs ou APIs	✓	✓	✗	✓
Suportar <i>deployment</i> em <i>Docker</i>	✓	✓	✓	✓
Suportar <i>rate limit</i> e <i>cache</i>	✓	✓	✓	Não possui <i>cache</i>
Suportar versionamento da API	✗	✗	✓	✗
Balanceamento de carga e servir de <i>reverse proxy</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Logs</i> e métricas	✓	✓	✓	✓
Integração da documentação desenvolvida na especificação <i>OpenAPI</i>	✗	✗	✓	✗

Tabela 4: Comparação entre *API Gateways* [18, 16, 17]

Infelizmente nenhuma das tecnologias suporta todos os requisitos. Assim a partir da tabela 4 irá ser escolhida a tecnologia a usar tendo em conta a importância de cada requisito.

Das quatro tecnologias presentes na tabela, podemos desde já descartar o *Tyk* visto não permitir automatizar o *deployment*. Sobram, assim, o *Nginx*, o *Kong* e o *Express Gateway*. Destas três, verifica-se que a última possui menos funcionalidades e portanto não será a tecnologia escolhida.

Entre o *Nginx* e o *Kong* a escolha irá prender-se com a facilidade e poder de configuração visto que os requisitos presentes em cada tecnologia são muito semelhantes. O *Kong* é construído a partir do *Nginx* (daí as suas semelhanças em termos de requisitos presentes) e é possível configurar o *Nginx* a partir do *Kong*. Para além disso, o *Kong* possui vários *plugins* por forma a permitir certas funcionalidades que no *Nginx* seria necessário configurar manualmente para atingir essas funcionalidades. Portanto a escolha tecnológica para a *API Gateway* recai sobre o *Kong*.

4.5.1 Arquitetura

Após a escolha da *API Gateway* a usar (*Kong*) é necessário proceder ao esboço de uma arquitetura base a desenvolver. Esta arquitetura apresenta-se de seguida:

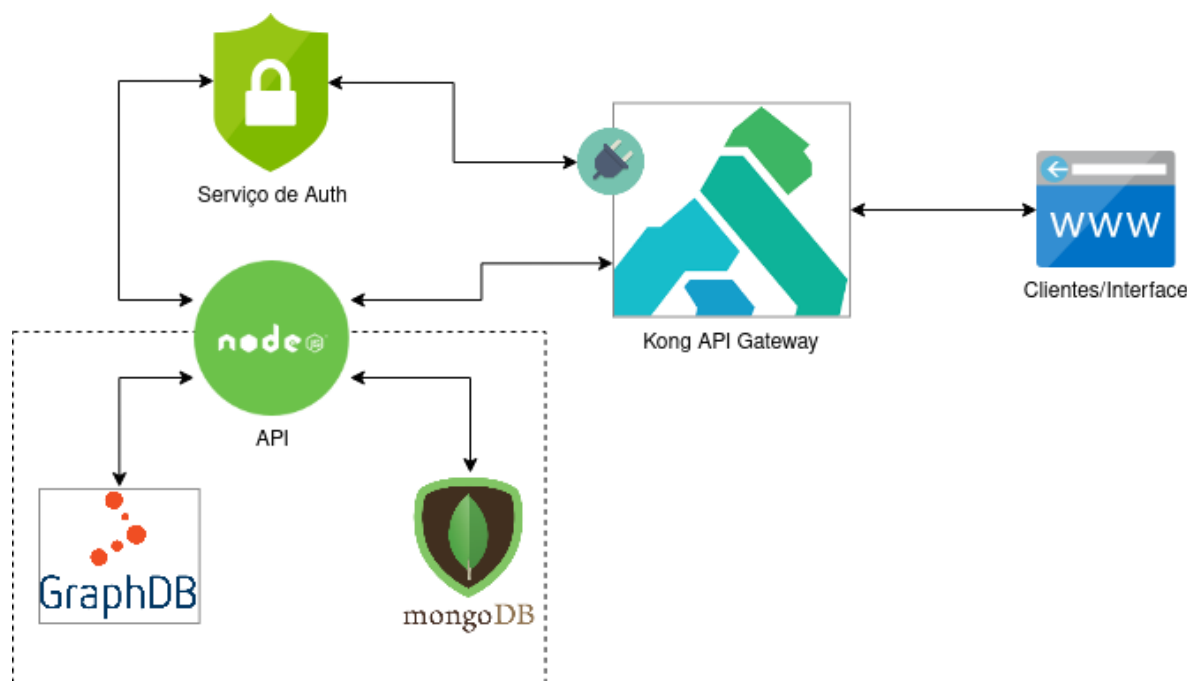


Figura 14: Arquitetura a desenvolver com *API Gateway*

Apesar das várias vantagens do *Kong* não é possível, através dos plugins fornecidos por este, realizar uma proteção das rotas semelhante à presente na *API* de dados da *CLAV*. Portanto, com o intuito de simplificar a *API* de dados, a ideia passa por retirar da *API* de dados da *CLAV* tudo que envolva proteção desta, tais como a verificação de tokens (autenticação), a geração de tokens bem como a verificação da autorização de um utilizador (verificar se o nível do utilizador é suficiente para aceder determinada rota), e colocar estas funcionalidades noutro servidor independente da *API* de dados. Este servidor está representado na arquitetura como Serviço de Auth que procederá então à autenticação e autorização dos pedidos realizados pelos clientes.

Com esta separação a *API* de dados precisará de realizar pedidos ao Serviço de Auth para a verificação e geração de tokens em casos particulares como o *login* de um utilizador ou a *criação* de uma Chave *API*.

Todos os pedidos realizados pelos clientes e pela interface da *CLAV* tem como ponto de entrada o *Kong*. Este, através de um plugin, para cada pedido que recebido irá realizar um pedido ao Serviço de Auth onde:

1. Verifica-se quem pode aceder (que tipo de clientes) à rota do pedido
2. Proceda-se à autenticação do pedido (se necessário)

3. Procede-se à autorização do pedido (se necessário)

Caso a resposta do Serviço de Auth seja positiva então o *Kong* procederá à realização do pedido à [API](#) de dados. Caso contrário, o pedido à [API](#) de dados não é efetuado e é devolvido ao utilizador a resposta de erro correspondente (erro de autenticação ou de autorização).

4.6 MIGRAÇÃO DE HTTP PARA HTTPS

TODO: explicar a escolha do acme.sh; especificação (recomendações de segurança); solução

4.7 INSTALAÇÃO/MIGRAÇÃO/INTEGRAÇÃO

TODO: Arquitetura

IMPLEMENTAÇÃO

5.1 PROTEÇÃO DA API COM MÚLTIPLOS NÍVEIS

Para proteger as rotas da API é necessário haver métodos de verificação dos *tokens* com o objetivo de decidir se o utilizador/Chave API pode aceder a uma determinada rota. De seguida será apresentado o pseudo-código de verificação dos *tokens* tendo em conta que os utilizadores registados conseguem aceder a todas as rotas que as Chaves API conseguem mas que o inverso não acontece. Ou seja, um utilizador registado até o de nível mais baixo por exemplo, consegue aceder a todas as rotas que as Chaves API tem acesso e mais algumas nas quais as Chaves API não têm permissões de acesso.

Por forma a validar se uma Chave API pode aceder a uma determinada rota pode ser executada a seguinte função em *middleware*:

```
function isLoggedInKey(req, res, next)
  key = getJWTfromHeaderOrQueryString('apikey')

  if key then
    keyBD = getKeyFromMongoDB(key)
    if keyBD then
      res = jwt.verify(key, secretForAPIkey)
      if res != expired then
        if keyBD.active == True then
          return next()
        else
          return err
      else
        return err
    else
      return err
  else
    return isLoggedInUser(req, res, next)
```

Exemplo 5.1: Verificação se um pedido com uma determinada Chave API pode ser efetuado

É importante destacar a chamada da função `isLoggedInUser` que é executada no caso de não ser detetado uma Chave API no pedido (na *header Authorization* ou na *query string apikey*) e

como tal, com essa chamada, tenta-se perceber se afinal foi passado um *token* de um utilizador já que todos os utilizadores conseguem aceder às rotas que as Chaves API conseguem como já referido.

No seguimento, para validar se um determinado *token* de um utilizador registado pode aceder a uma determinada rota é executada a seguinte função em *middleware*:

```
JWTstrategy = passport-jwt.Strategy

passport.use("jwt", new JWTstrategy(
  secretOrKey: secret,
  algorithms: ["HS256"],
  jwtFromRequest: getJWTfromHeaderOrQueryString('token')
, (token, done) => done(null, token)))

function isLoggedInUser(req, res, next)
  passport.authenticate("jwt", { session: false }, function (err, user, info)
    if err then
      return err
    if !user then
      return err
    req.logIn(user, function(err)
      if err then
        return err

      next()
    )
  )(req, res, next)
```

Exemplo 5.2: Verificação se um pedido com um determinado *token* de um utilizador registado pode ser efetuado

Os *tokens* tanto das Chaves API como de *tokens* de utilizadores registados são obtidos através da utilização de extratores presentes na estratégia *passport-jwt* do *passport*. Assim para extrair o *token* da *query string* basta:

```
var ExtractJWT = require("passport-jwt").ExtractJwt
token = ExtractJWT.fromUrlQueryParameter("<nome do campo, 'token' ou 'apikey' no caso da CLAV>")
```

Exemplo 5.3: Extração do *token* da *query string*

Já para extrair o *token* da *header Authorization* basta:

```
var ExtractJWT = require("passport-jwt").ExtractJwt
token = ExtractJWT.fromAuthHeaderWithScheme("<palavra antes do token, 'Bearer' no caso dum bearer token, 'token' ou 'apikey' no caso da CLAV>")
```

Exemplo 5.4: Extração do *token* da *header Authorization*

Para verificar se o utilizador registado tem um nível suficiente para aceder a uma rota, depois de se verificar que o utilizador está autenticado (`isLoggedInUser`), deve-se executar também em *middleware* a seguinte função:

```
function checkLevel(clearance)
  return function(req, res, next)
    havePermissions = False

    if clearance is Array then
      if req.user.level in clearance then
        havePermissions = True
    else
      if req.user.level >= clearance then
        havePermissions = True

    if havePermissions then
      return next()
    else
      return err
```

Exemplo 5.5: Verificação se um utilizador registado tem permissões suficientes para aceder a uma determinada rota

Ou seja, a variável `clearance` poderá ser uma lista de números ou apenas um número. No primeiro caso verifica-se que o nível do utilizador está presente na lista, em caso afirmativo então o utilizador tem permissões para aceder. Já no segundo caso, o utilizador só terá permissões para aceder se o seu nível foi igual ou superior ao `clearance`.

Com estas três funções (`isLoggedInKey`, `isLoggedInUser` e `checkLevel`) é possível proceder à proteção da API da CLAV garantindo que utilizadores com diferentes níveis de acesso apenas conseguem aceder ao que lhes é permitido.

TODO: completar

5.2 AUTENTICAÇÃO ATRAVÉS DE CHAVE MÓVEL DIGITAL

TODO

5.3 DOCUMENTAÇÃO

TODO: Apresentar imagens do swagger UI

5.4 EXPORTAÇÃO DE DADOS

Um dos requisitos da API da CLAV é permitir a exportação de Classes, Entidades, Tipologias e Legislações em formato JSON, XML e CSV. Deve também permitir exportar toda a ontologia do projeto nos formatos Turtle, JSON-LD e RDF/XML.

Para a primeira parte foi necessário desenvolver dois conversores, de JSON para XML e de JSON para CSV visto que o JSON já é por predefinição devolvido.

5.4.1 XML

O conversor de JSON para XML criado é representado pelo algoritmo presente no anexo A.1. Apresenta-se no anexo B.1 uma conversão exemplo.

5.4.2 CSV

Da mesma forma que o XML, o CSV é convertido sem recurso a uma biblioteca que converta já de si o JSON para CSV visto que cada objeto JSON a exportar necessita de uma exportação personalizada para CSV. Ao contrário do conversor desenvolvido para XML, o conversor para CSV não converte qualquer objeto para CSV mas apenas um conjunto restrito de objetos JSON.

O algoritmo de conversão de JSON para CSV desenvolvido pode ser visualizado no anexo A.2.

O conjunto de objetos permitidos é lista de classes, de entidades, de tipologias e de legislações e objeto de classe, de entidade, de tipologia e de legislação.

Quanto à conversão em si, possui uma estrutura interna durante a conversão. Esta estrutura é uma lista de listas, em que cada lista representa uma linha do CSV. Cada elemento de uma das listas representará uma célula do CSV. A primeira lista será a primeira linha do CSV e como tal possuirá os títulos. As restantes listas serão as linhas seguintes do CSV em que cada elemento possuirá os valores já transformados em *strings* dos campos dos objetos.

Para além desta estrutura interna existe um dicionário que permite agilizar o algoritmo de conversão. Este dicionário possuirá vários dicionários, um por cada objeto (Classe, Entidade, Tipologia e Legislação) em que cada um destes dicionários irá ter como chaves os campos a converter. Para cada um destes campos existe um tuplo em que na primeira posição está presente o título a colocar no CSV referente a este campo e na segunda posição a função de transformação a executar para o valor do campo. Há a presença de três casos especiais:

- Quando o valor do campo é uma lista de objetos e pretendemos apenas um dos campos de cada objeto, o valor do campo deve ser `campo_campoDoObjeto` e deve ser usada a função de transformação `map_value(<campoDoObjeto>)`
- Quando o valor do campo é um objeto do qual irá resultar vários títulos, na primeira posição do tuplo deve estar presente uma *string* vazia e a função de transformação deve

devolver uma lista com duas posições, na primeira com os títulos e na segunda com os valores transformados dos campos

- Quando o valor do campo é uma lista de objetos Classe, Entidade, Tipologia ou Legislação a primeira posição do tuplo deve ser `null` e a função de transformação deve devolver uma lista de listas sem a primeira linha de títulos

No caso da conversão de um objeto e consoante a transformação (ou seja, o título do dicionário) a inserção realizada na lista de listas varia:

- `título == null`: concatena-se a lista de listas devolvida pela função de transformação à lista de listas
- `título == ""`: concatena-se a lista dos elementos da primeira linha devolvida pela função de transformação com os elementos da primeira linha e realiza-se o mesmo para o caso da segunda linha devolvida, concatena-se a segunda linha com a segunda linha
- Nos restantes casos protege-se¹ o título presente no dicionário e adiciona-se à primeira lista; para além disso, o valor transformado devolvido pela função de transformação é adicionado já protegido à segunda lista.

No caso da conversão de uma lista de objetos, para cada objeto será feita a conversão já apresentada para um objeto, onde depois é ignorada a linha dos títulos em todos os objetos exceto no primeiro objeto da lista onde é mantido os títulos gerados. Ou seja, na primeira linha estará presente os títulos e nas seguintes linhas, em cada linha estará presente os valores de um objeto.

O último passo seja para uma lista ou para um único objeto é transformar a estrutura interna no **CSV**. Este papel é desempenhado pela função `joinLines` em que os elementos de cada lista da lista são juntos de acordo com um separador (neste caso é usado o ponto e vírgula, “;”) tornando a lista de listas numa lista de *strings*. Por fim, as *strings* desta lista são juntas através da inserção de novas linhas (“\n”) entre cada *string* gerando o **CSV** final.

No anexo [B.2](#) apresenta-se um exemplo de uma conversão, onde o ficheiro **JSON** a converter é o mesmo usado para exemplificar a conversão de **XML** presente em [B.1.1](#).

5.4.3 Exportação da Ontologia

TODO

5.4.4 Exportação na *API* de dados

TODO

¹colocar valor entre aspas (“)

5.4.5 Interface de Exportação

TODO: apresentar e falar da interface de exportação

5.5 API GATEWAY

Nesta secção irá ser abordada a configuração do *Kong* além do desenvolvimento do Serviço de Auth adicional para a proteção da [API](#) de dados.

5.5.1 Serviço de Auth

Este serviço desenvolvido em *Node.js* tem como principal papel a autenticação e autorização dos pedidos efetuados. Além disso, este serviço irá tratar de verificar e gerar *tokens* (JWTs). Assim, este serviço disponibiliza cinco rotas:

POST /AUTH Autenticar e Autorizar um pedido. Recebe no *body* o verbo, o caminho, a *query string* e os cabeçalhos do pedido a efetuar para a [API](#) de dados. Como resposta devolve respostas com *HTTP status* 200 (O pedido pode ser efetuado à [API](#). Devolve no *body* a informação contida no *token* se este for enviado no pedido.), 401 (*token* inválido ou pedido sem autenticação para aceder a rota), 403 (Pedido sem autorização para aceder a rota) ou 404 (A rota não existe).

Para saber quem pode aceder determinada rota, o Serviço de *Auth* possui um dicionário em que cada chave é um verbo [HTTP](#) e em cada verbo existe um dicionário com as vários caminhos desse verbo. A cada caminho é associado um valor que indica quem pode aceder a rota. Este valor é:

- **-1:** Todos podem aceder
- **0:** Só podem aceder Chaves API autenticadas ou utilizadores autenticados
- **Um número maior que 0:** Só podem aceder utilizadores autenticados com nível igual ou superior ao número
- **Lista de números maiores que 0:** Só podem aceder utilizadores autenticados com nível presente nesta lista

A ordem dos caminhos em cada verbo é importante visto que as rotas são testadas por ordem e, quando há um *match*, é assumido que é essa a rota do pedido não sendo testado o resto dos caminhos.

Consoante o valor obtido do dicionário é feita a autenticação e autorização necessária para a rota. Caso não seja obtido um valor, assume-se que a rota não existe na [API](#) de dados.

POST /USER/SIGN Gerar um *token* para um utilizador. Recebe no *body* do pedido a informação do utilizador e o tempo de expiração a usar para o *token*. Como resposta devolve o *token* gerado.

POST /USER/VERIFY Verificar um *token* de um utilizador. Recebe no *body* o *token* do utilizador. Como resposta, caso o *token* seja válido, devolve a informação contida no *token*.

POST /APIKEY/SIGN Gerar um *token* para uma Chave API. Recebe no *body* do pedido a informação da Chave API e o tempo de expiração a usar para o *token*. Como resposta devolve o *token* gerado.

POST /APIKEY/VERIFY Verificar um *token* de uma Chave API. Recebe no *body* o *token* da Chave API. Como resposta, caso o *token* seja válido, devolve a informação contida no *token*.

A necessidade de rotas diferentes para utilizadores e Chaves API deve-se ao facto de serem usadas pares de chave pública/privada diferentes para gerar e verificar os *tokens*. Para esta geração e verificação é usada a mesma biblioteca usada até agora, *jsonwebtoken*. Continua-se também a usar os extratores da biblioteca *passport-jwt* para obter os *tokens* dos pedidos, mas já não se recorre ao *passport* para proceder à autenticação visto não ser necessária.

Com a existência deste serviço, a **API** de dados deixou de estar protegida e em casos que necessita de forma excecional a verificação ou a geração de *tokens* recorre à **API** do Serviço de *Auth*. Apesar disso continua a ser essencial que a **API** de dados saiba quem realizou o pedido. Essa informação será enviada num cabeçalho pelo *Kong* algo que será explicado na próxima secção.

5.5.2 Plugin *external-auth*

Como já referido anteriormente não é possível, usando os plugins disponíveis do *Kong*, obter uma proteção semelhante à presente na **API** de dados. Para resolver esta situação havia duas hipóteses, criar um plugin que trata da autenticação e da autorização ou criar um plugin que interceta os pedidos, realiza um pedido a um serviço externo para tratar da autenticação e da autorização, e consoante a resposta deixa ou não o pedido ser realizado. A segunda hipótese foi a escolhida visto que implica a criação de um plugin de menores dimensões, que tem de ser desenvolvido em *Lua*, e permite por outro lado aproveitar parte do código de autenticação e autorização presente na **API** de dados e usá-lo no serviço externo. Ou seja, é uma abordagem mais rápida e simples para além de que este *plugin* de menores dimensões encontrava-se já em parte desenvolvido² onde foi apenas necessário realizar algumas melhorias como a possibilidade de devolver respostas 403 e 404 entre outras alterações³.

²Ver <https://github.com/aunkenlabs/kong-external-auth>

³Ver <https://github.com/jcm300/kong-external-auth>

De uma forma mais permenorizada, quando um pedido é recebido pelo *Kong*, este pedido poderá passar por vários plugins de acordo com a configuração usada antes e após ser efetuado o pedido à *API* de dados. O plugin `external-auth` se adicionado na configuração é executado antes do pedido ser efetuado à *API* de dados. Este plugin obtém do pedido o caminho, verbo, *query string* e cabeçalhos e envia-os no *body* para o serviço externo. Quando o plugin recebe a resposta do serviço externo, consoante o *HTTP status*:

- 200: Insere no pedido a efetuar à *API* de dados o cabeçalho *CLAV-Auth* onde é enviado em formato *string* a resposta do serviço externo
- 401: Devolve uma resposta de erro para o utilizador com *HTTP status* 401
- 403: Devolve uma resposta de erro para o utilizador com *HTTP status* 403
- 404: Devolve uma resposta de erro para o utilizador com *HTTP status* 404
- Restantes: Devolve uma resposta de erro para o utilizador com *HTTP status* 401

Portanto quando um pedido possui autenticação e autorização pelo serviço externo, este pedido inclui também um cabeçalho *CLAV-Auth* onde estará presente a informação presente no *token*, seja de um utilizador ou de uma Chave API. Este cabeçalho será interpretado pela *API* de dados por forma a esta saber quem realizou o pedido. No caso do cabeçalho não ser enviado, for vazio ou num formato incorreto, a *API* de dados irá considerar o pedido foi efetuado por alguém “Desconhecido”.

5.5.3 Configuração Kong

O *Kong* pode ser configurado através de um ficheiro de configuração `.conf` onde é definido o modo em que executa, possíveis ligações a bases de dados, configurações do Nginx entre outros. Contudo não é neste ficheiro que se define o comportamento que o *Kong* efetua quando recebe determinado pedido, apesar de se poder alterar algum comportamento através de configurações do Nginx. Para definir o comportamento do *Kong* há três hipóteses. A que foi escolhida, configuração declarativa, permite que o *Kong* execute sem necessitar de uma base de dados para armazenar as configurações visto que as configurações são definidas num ficheiro *YAML* ou *JSON* que é carregado para memória. Assim não se sobrecarrega desnecessariamente o servidor que executa o *Kong*.

Para usar esta configuração declarativa é necessário no ficheiro de configuração `.conf` colocar a diretiva `database` com o valor `off` e a diretiva `declarative_config` com o caminho do ficheiro da configuração declarativa.

Na configuração declarativa são usados vários *plugins* a maioria desenvolvidos pelo *Kong* exceto o *external-auth*. Por predefinição os plugins do *Kong* estão disponíveis. Para se poder usar *plugins* externos é necessário indicá-los no ficheiro `.conf` na diretiva `plugins`. Assim o valor aqui colocado foi `blunded,external-auth` indicando que se pretende usar os plugins do

Kong (*blunded*) e o *external-auth*. Antes de iniciar o *Kong* será depois necessário instalar o *plugin external-auth*. No ficheiro *.conf* é também indicado para onde os logs de erro e acesso são enviados sendo os de erro enviados para o *stderr* e os de acesso para o *stdout*. Além disso indicasse também em que portas (*HTTP* e *HTTPS*) o *Kong* irá receber os pedidos bem como em que portas está acessível a *API* de administrador (como é usada uma configuração declarativa esta *API* será apenas de leitura).

O primeiro passo na configuração declarativa foi adicionar o serviço da *API* de dados e associar desde logo o *plugin* necessário para a proteção da *API* de dados:

```
services:
  - name: API
    url: ${API_HOST}
    routes:
      - name: TodasRotas
        paths:
          - /
    plugins:
      - name: external-auth
        config:
          url: ${SERVER_AUTH_HOST}
          path: /auth
```

Exemplo 5.6: Configuração declarativa do *Kong*: *API* de dados

Com esta configuração inicial o *Kong* reencaminha todos os pedidos que comecem por / para a *API* de dados, usando neste serviço o *plugin external-auth* já descrito. Temos assim uma primeira versão funcional com autenticação e autorização da *API* de dados.

Contudo a *API* de dados necessita de permitir *CORS* e para tal é adicionado o *plugin* do *Kong* chamado *cors*[8]:

```
services:
  - name: API
    ...
  plugins:
    ...
    - name: cors
      service: API
      config:
        origins:
          - '*'
        methods:
          - GET
          ...
        headers:
          - Accept
          ...
        credentials: true
```

Exemplo 5.7: Configuração declarativa do *Kong*: *plugin cors*

Além deste foram adicionados mais 3 *plugins* do *Kong* a este serviço, cada um com objetivos diferentes. O *plugin rate-limiting* por forma a limitar o número de pedidos efetuados a 10 pedidos por segundo por endereço IP[10]:

```
services:
  - name: API
    ...
  plugins:
    ...
    - name: rate-limiting
      config:
        second: 10
        policy: local
```

Exemplo 5.8: Configuração declarativa do *Kong*: *plugin rate-limiting*

É possível também aplicar este *plugin* a rotas específicas da *API* de dados.

Por outro lado, o *plugin proxy-cache* é usado para realizar a *cache* de respostas de pedidos *text/plain* (texto) ou *application/json* (*JSON*) com verbos *GET* e *HEAD* e *HTTP status* 200, 301 e 404 por uma hora[9]:

```
services:
  - name: API
    ...
  plugins:
    ...
    - name: proxy-cache
      config:
        cache_ttl: 3600 #segundos (1h) em cache
        strategy: memory
```

Exemplo 5.9: Configuração declarativa do *Kong*: *plugin proxy-cache*

Com este *plugin* é possível evitar pedidos recentes à *API* de dados iguais bem como acelerar o tempo de resposta dos pedidos que foram recentemente efetuados.

É ainda usado o *plugin response-transformer* por forma a adicionar cabeçalhos na resposta devolvida pela *API* de dados. Estes cabeçalhos tem como objetivo melhorar a segurança da *API*[11]:

```
services:
  - name: API
    ...
  plugins:
    ...
    - name: response-transformer
```

```

config:
  remove:
    headers:
      - strict-transport-security
      ...
      - content-security-policy
  add:
    headers:
      - 'Strict-Transport-Security: max-age=31536000; includeSubDomains;
        preload'
      ...
      - "Content-Security-Policy: default-src 'none'"

```

Exemplo 5.10: Configuração declarativa do *Kong: plugin response-transformer*

Este *plugin* possui uma ordem de execução seguinte: remover (*remove*), renomear (*rename*), substituir (*replace*), adicionar (*add*) e acrescentar (*append*).

A adição dos *plugins* (*cors* e *request-transformer*) permite assim a remoção da *API* de dados das bibliotecas *cors* e *helmet* que eram usadas para alcançar os mesmos objetivos para os quais estes *plugins* vão ser usados.

A adição do cabeçalho *Content-Security-Policy* com o valor *default-src 'none'* no *plugin request-transformer* impede qualquer conteúdo que não a resposta em si. Contudo a *API* de dados possui uma página de documentação na rota */<Versão da API>/docs* que irá necessitar de um *Content-Security-Policy* diferente.

Para tal, definiu-se uma rota na configuração declarativa associando-a ao serviço da *API* de dados mas no qual o *plugin request-tranformer* possui um valor diferente para o cabeçalho *Content-Security-Policy*. Os outros *plugins* associados ao serviço da *API* de dados continuam a ser executados para esta rota mas o *plugin request-tranformer* desse serviço é substituído por este definido na rota:

```

routes:
  - name: docs
    service: API
    strip_path: false
    paths:
      - /$API_VERSION/docs
    methods:
      - GET
    plugins:
      - name: response-transformer
        config:
          remove:
            headers:
              - strict-transport-security
              ...
              - content-security-policy
          add:

```

```

headers:
  - 'Strict-Transport-Security: max-age=31536000; includeSubDomains;
    preload'
  ...
  - "Content-Security-Policy: default-src 'self' $DOMAINS; img-src '
    self' https://validator.swagger.io data: $DOMAINS; style-src '
    self' 'unsafe-inline' $DOMAINS; script-src 'self' 'unsafe-inline
    ' $DOMAINS"

```

Exemplo 5.11: Configuração declarativa do Kong: Rota da documentação

A propriedade `strip_path` com valor falso impede que o Kong associe (parecido com um *bind*) o caminho `/<Versão API>/docs` do Kong ao caminho `/` da API de dados. Assim, quando se faz o pedido a esta rota o pedido que é feito na API de dados é no caminho `/<Versão API>/docs` desta.

Por fim, procedeu-se à configuração do HTTPS no Kong. Como se usa os certificados do *Let's Encrypt* pode-se usar o *plugin acme* do Kong[6]:

```

plugins:
  - name: acme
    config:
      account_email: $EMAIL
      domains: $DOMAINS_LIST
      renew_threshold_days: 15
      storage: redis
      storage_config:
        redis:
          auth: "redisPass123"
          port: 6379
          database: 0
          host: $REDIS_HOST
      tos_accepted: true

```

Exemplo 5.12: Configuração declarativa do Kong: *plugin acme*

Para manter a configuração e os certificados do *plugin* após reinícios do Kong usa-se o *Redis* para guardar a configuração bem como os certificados. Convém referir que este *plugin* tem de ser global na configuração declarativa e não associado a um único serviço. Além disso, para permitir a geração dos certificados pelo *Let's Encrypt* é necessário permitir o acesso à rota que começa em `/.well-known/acme-challenge`. Assim foi adicionado o seguinte serviço à configuração declarativa:

```

services:
  - name: acme-dummy
    url: http://127.0.0.1:65535
    routes:
      - name: acme-dummy
        paths:

```

```

- /.well-known/acme-challenge
- name: API
...

```

Exemplo 5.13: Configuração declarativa do *Kong*: Serviço para a geração de certificados TLS

Para ativar também o uso do *plugin acme* é necessário no ficheiro `.conf` indicar onde estão os certificados confiáveis por forma a ser possível o *Kong* iniciar inicialmente para depois puder obter os certificados do *Let's Encrypt*. Para tal, é indicado na diretiva `nginx_proxy_lua_ssl_trusted_certificate` o valor `/etc/ssl/certs/ca-certificates.crt` (esta é a localização no caso de uma distribuição Ubuntu, poderá ser diferente noutras distribuições e OS's).

Além disso, por forma a que quando alguém tente aceder às rotas através de HTTP seja redirecionado para o HTTPS foi adicionado as seguintes propriedades nas rotas:

```

services:
...
- name: API
...
  routes:
    - name: TodasRotas
      protocols:
        - https
      https_redirect_status_code: 301
      ...
    ...

routes:
- name: docs
...
  protocols:
    - https
  https_redirect_status_code: 301
...

```

Exemplo 5.14: Configuração declarativa do *Kong*: Serviço para a geração de certificados TLS

A propriedade `protocols` indica que protocolos deverão estar disponíveis na rota e a propriedade `https_redirect_status_code` indica o *status code* nos casos em que os pedidos são efetuados para o HTTP. Como este *status code* é 301 os cliente serão redirecionados para o HTTPS.

Por fim, por forma a melhorar a segurança do HTTPS é adicionado no ficheiro de configuração `.conf` algumas diretivas de configuração do *Nginx*:

```

#Indicar que se pretende usar ciphers personalizados
ssl_cipher_suite = custom
#Ciphers permitidos a usar por ordem de preferência

```



```

ssl_ciphers = EECDH+AESGCM:EDH+AESGCM:ECDHE-RSA-AES128-GCM-SHA256:AES256+EECDH:
    DHE-RSA-AES128-GCM-SHA256:AES256+EDH:ECDHE-RSA-AES256-GCM-SHA384:DHE-RSA-
    AES256-GCM-SHA384:ECDHE-RSA-AES256-SHA384:ECDHE-RSA-AES128-SHA256:ECDHE-RSA-
    AES256-SHA:ECDHE-RSA-AES128-SHA:DHE-RSA-AES256-SHA256:DHE-RSA-AES128-SHA256:
    DHE-RSA-AES256-SHA:DHE-RSA-AES128-SHA:ECDHE-RSA-DES-CBC3-SHA:EDH-RSA-DES-CBC3-
    SHA:AES256-GCM-SHA384:AES128-GCM-SHA256:AES256-SHA256:AES128-SHA256:AES256-SHA
    :AES128-SHA:DES-CBC3-SHA:HIGH:!aNULL:!eNULL:!EXPORT:!DES:!MD5:!PSK:!RC4

#Protocolos SSL permitidos
nginx_http_ssl_protocols = TLSv1.2 TLSv1.3
#Indicar que se deve preferir os ciphers do servidor em vez do cliente
nginx_http_ssl_prefer_server_ciphers = on

#Uso de DH params mais forte (com 2048 bits)
nginx_http_ssl_dhparam = /etc/ssl/certs/dhparam.pem

#Especifica a curva a usar para os ciphers ECDHE
nginx_http_ssl_ecdh_curve = secp384r1

#Ativar stapling, infelizmente não funciona porque o plugin acme usado ainda não
    suporta
nginx_http_ssl_stapling = on
nginx_http_ssl_stapling_verify = on

#Melhorar tolerância quando o endereço de um domínio muda
nginx_http_resolver = 8.8.8.8 8.8.4.4 valid=300s
nginx_http_resolver_timeout = 5s

#Tempo em que pode ser reusada uma sessão
nginx_http_ssl_session_timeout = 1d

#Tempo em que é mantida uma conexão idle a um servidor
nginx_upstream_keepalive_timeout = 65

```

Exemplo 5.15: Configurações do *Nginx* no ficheiro de configuração `.conf`

Uma pequena nota. As variáveis ambiente (`${var}` ou `$var`) serão substituídas antes de serem usadas pelo *Kong* ao aplicar o comando `envsubst` ao ficheiro da configuração declarativa.

5.5.4 Arquitetura

Na imagem 14 apresentou-se uma visão inicial da arquitetura. Apresenta-se de seguida a arquitetura final com *Kong*:

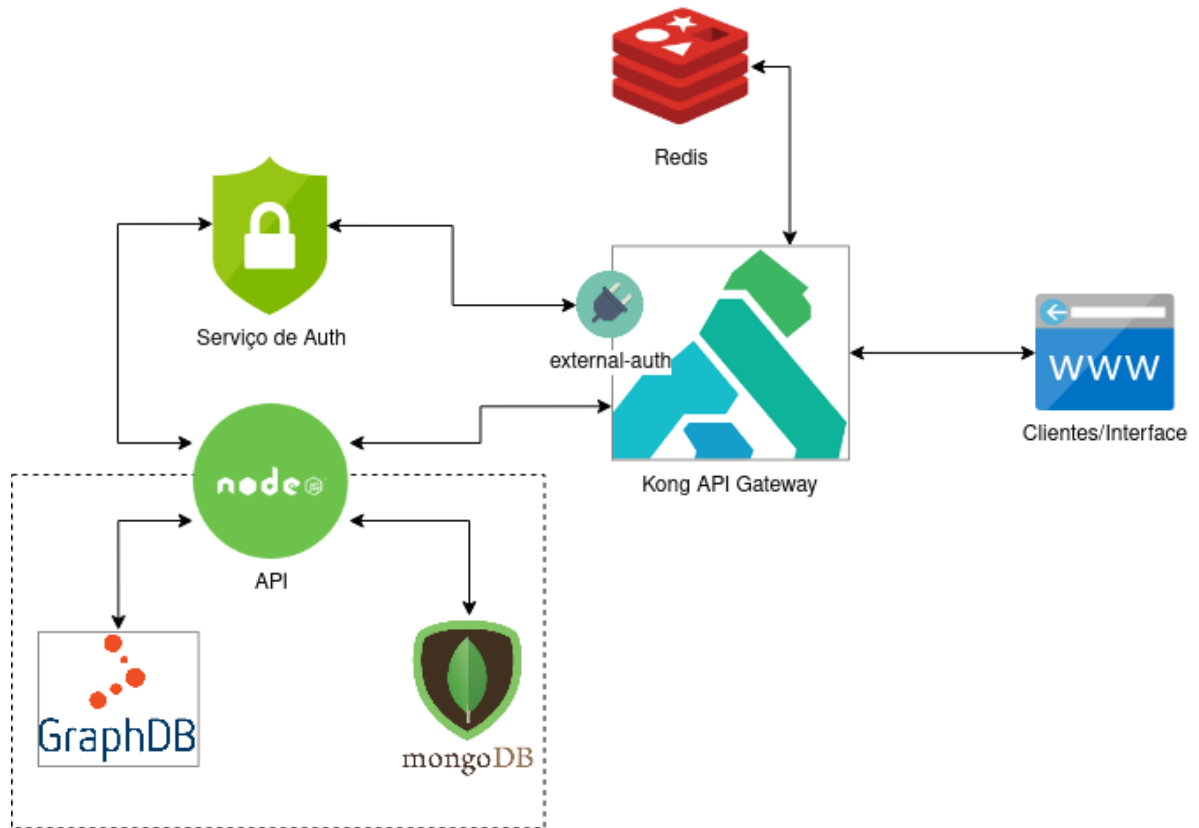


Figura 15: Arquitetura desenvolvida com *API Gateway*

5.6 MIGRAÇÃO DE HTTP PARA HTTPS

O **Hypertext Transfer Protocol (HTTP)** possui várias vulnerabilidades de segurança entre as quais *man-in-the-middle attack* bem como a possibilidade de *eavesdropping*⁴ e *tampering*⁵ da comunicação entre cliente e servidor.

Com o intuito principal de superar estas vulnerabilidades foi criada a extensão ao **HTTP** o **Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS)**. Este protocolo de comunicação é encriptado através do uso de **Transport Layer Security (TLS)** ou através do uso do já *deprecated*, por razões de segurança, **Secure Sockets Layer (SSL)**. O **HTTPS** oferece autenticação dos *websites* acedidos bem como privacidade e integridade dos dados trocados.

É assim de extrema importância a migração do atual **HTTP** para **HTTPS** tanto na **API** da **CLAV** bem como na interface da **CLAV**.

Para realizar esta migração a primeira decisão a tomar é qual será o **Certificate Authority (CA)** de onde iremos comprar/obter os certificados. Existem vários **CAs** mas visto termos a restrição de que este deve ser gratuito apenas nos sobra uma alternativa bastante popular, o

⁴Ato de ouvir de forma secreta ou furtiva conversas ou comunicações particulares de outras pessoas sem o consentimento destas

⁵Alteração deliberada ou adulteração dos dados enviados entre cliente e servidor

*Let's Encrypt*⁶. O único revêz de usar o *Let's Encrypt* é o facto de que os certificados tem uma validade de apenas 90 dias.

Após se decidir que será usado o *CA Let's Encrypt* é necessário decidir que cliente *Let's Encrypt*. Este cliente permite a obtenção e renovação de certificados. Existem vários clientes⁷ dos quais o *Let's Encrypt* recomenda o *Certbot*⁸. Contudo para usar *Certbot* é necessário ter permissões **root** (**sudo**) no servidor bem como é necessário instalar algumas dependências. Por tais razões foi usado **acme.sh**⁹ que é nada mais que uma *shell script* não sendo necessário ter permissões **root** (**sudo**) e onde as únicas dependências são **openssl** (para a geração de chaves), o **cron** (para criar um *cron job* diário para a renovação do certificado) e do **curl** (para fazer download do *script*). Em relação ao *Certbot* o **acme.sh** também é mais fácil de usar em *docker containers*.

O **acme.sh** é quem irá tratar de toda a gestão dos certificados, renovando-os quando necessário (a renovação é feita a cada 60 dias). Por forma a usar o **acme.sh** é necessário realizar o *download* do *script*, proceder à instalação do *acme.sh*, fazer a primeira geração do certificado para os domínio(s) pretendido(s) e instalar estes certificados no local final. A partir daí, o *acme.sh* é auto gerido bem como os certificados gerados como já referido. Para tratar automaticamente deste processo todo bem como gerar *DF parameters* mais fortes, algo que iremos referir mais à frente, foi criada a *script* presente no anexo C.1.

TODO

5.7 INSTALAÇÃO/MIGRAÇÃO/INTEGRAÇÃO

TODO

⁶Ver mais em <https://letsencrypt.org/>

⁷Ver <https://letsencrypt.org/docs/client-options/>

⁸Ver <https://certbot.eff.org/>

⁹Ver <https://github.com/acmesh-official/acme.sh>

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Esta dissertação tem vários objetivos distintos pelo que, nesta pré-dissertação, foram aprofundados vários temas diferentes. Temas estes que variam entre a proteção da [API](#), à exportação de dados e até à documentação desta [API](#).

Por forma a perceber o estado atual do projeto [CLAV](#), foram inicialmente apresentados os pontos mais importantes da [CLAV](#) referentes aos objetivos desta dissertação.

De seguida, foi introduzida a noção de [JWTs](#) e de [JWSs](#), com os quais será realizada a proteção da [API](#). Além disso, foi feita uma pequena introdução ao [Autenticação.gov](#) com o objetivo de preparar o desenvolvimento do mecanismo de autenticação com recurso à [Chave Móvel Digital](#).

Com o intuito de explicitar como será realizada a documentação da [API](#), foi introduzida a especificação *OpenAPI* e o *Swagger UI*, bem como as suas alternativas.

Ao fim desta introdução, foi aprofundado o processo de exportação da informação da [API](#) da [CLAV](#) para os vários formatos de saída que serão suportados.

Em termos de trabalho futuro, o mesmo passará por explorar o tema da [API Gateway](#), permitindo avaliar se esta possibilitará a simplificação da comunicação entre utilizadores/interface e a [API](#) de dados. Por outro lado, este trabalho passará ainda por melhorar a documentação existente, com a introdução de mais exemplos e melhorando as descrições já presentes. Para além disso, será alterado o algoritmo usado na verificação dos [JWSs](#), mudando de HS256 ([HMAC](#) com o auxílio do [SHA-256](#)), que usa um segredo, para o [RSA](#), que usa um par de chaves pública/privada. Será também adicionada a possibilidade de autenticação pelo [Autenticação.gov](#), com recurso ao certificado digital [Chave Móvel Digital](#). Serão ainda implementados alguns mecanismos em falta, como o *refresh* de *caches* e o *backup* da informação da plataforma. Finalmente será realizada a integração da [CLAV](#) no [iAP](#).

BIBLIOGRAFIA

- [1] AMA. *Autenticação.gov - Fornecedor de autenticação da Administração Pública Portuguesa*, 1.5.1 edition, 12 2018.
- [2] AMA. Autenticação.gov, 2019. URL <https://autenticacao.gov.pt/fa/Default.aspx>. Acedido a 2019-11-20.
- [3] Auth0. Introduction to JSON Web Tokens, 2019. URL <https://jwt.io/introduction/>. Acedido a 2019-12-19.
- [4] DGLAB. CLAV - Classificação e Avaliação da Informação Pública, 2019. URL <http://clav.dglab.gov.pt>. Acedido a 2019-12-15.
- [5] Kong. DB-less and Declarative Configuration, 1 2020. URL <https://docs.konghq.com/2.0.x/db-less-and-declarative-config/>. Acedido a 2020-05-16.
- [6] Kong. ACME, 1 2020. URL <https://docs.konghq.com/hub/kong-inc/acme/>. Acedido a 2020-05-29.
- [7] Kong. Getting Started Guide, 1 2020. URL <https://docs.konghq.com/getting-started-guide/latest/overview/>. Acedido a 2020-05-16.
- [8] Kong. CORS, 1 2020. URL <https://docs.konghq.com/hub/kong-inc/cors/>. Acedido a 2020-05-28.
- [9] Kong. Proxy Cache, 1 2020. URL <https://docs.konghq.com/hub/kong-inc/proxy-cache/>. Acedido a 2020-05-28.
- [10] Kong. Rate Limiting, 1 2020. URL <https://docs.konghq.com/hub/kong-inc/rate-limiting/>. Acedido a 2020-05-28.
- [11] Kong. Response Transformer, 1 2020. URL <https://docs.konghq.com/hub/kong-inc/response-transformer/>. Acedido a 2020-05-28.
- [12] Karthik Krishnaswamy. Introducing NGINX API Management: Manage NGINX Plus API Gateways with NGINX Controller, 10 2018. URL <https://www.nginx.com/blog/introducing-nginx-api-management-api-gateways-with-nginx-controller/>. Acedido a 2020-05-14.
- [13] Guy Levin. The Role of API Gateways in API Security, 8 2018. URL <https://dzone.com/articles/the-role-of-api-gateways-in-api-security>. Acedido a 2020-05-11.

- [14] Hal Lockhart, Thomas Wisniewski, Prateek Mishra, and Nick Ragouzis. *Security Assertion Markup Language(SAML) V2.0 Technical Overview*. OASIS, 7 2005.
- [15] Alexandra Lourenço, José Carlos Ramalho, Maria Rita Gago, and Pedro Penteado. Plataforma CLAV: contributo para a disponibilização de dados abertos da Administração Pública em Portugal. Acedido a 2019-11-20, 7 2019. URL <http://hdl.handle.net/10760/38643>.
- [16] LunchBadger. API Gateway Comparison Guide, 10 2018. URL <https://www.lunchbadger.com/api-gateway-comparison-kong-enterprise-pricing-vs-express-gateway/>. Acedido a 2020-05-16.
- [17] LunchBadger. API Gateway: Express Gateway vs Tyk, 10 2018. URL <https://www.lunchbadger.com/vs-tyk-api-gateway-express-pricing/>. Acedido a 2020-05-16.
- [18] Mahesh Mahadevan. My experiences with API gateways..., 4 2019. URL <https://medium.com/@mahesh.mahadevan/my-experiences-with-api-gateways-8a93ad17c4c4>. Acedido a 2020-05-14.
- [19] Rolando Santamaria Maso. A faster Node.js API Gateway for the masses (update 02/06/2019), 6 2019. URL <https://medium.com/sharenowtech/k-fastify-gateway-a-node-js-api-gateway-that-you-control-e7388c229b21>. Acedido a 2020-05-11.
- [20] Tim McLean. Critical vulnerabilities in JSON Web Token libraries, 3 2015. URL <https://auth0.com/blog/critical-vulnerabilities-in-json-web-token-libraries/>. Acedido a 2019-12-22.
- [21] Faisal Memon. NGINX Controller API Management Module vs. Kong: Performance Comparison, 5 2019. URL <https://www.nginx.com/blog/nginx-controller-api-management-module-vs-kong-performance-comparison/>. Acedido a 2020-05-14.
- [22] MoleculerJS. API Gateway, 4 2020. URL <https://moleculer.services/docs/0.14/moleculer-web.html>. Acedido a 2020-05-15.
- [23] Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. URL https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html. Acedido a 2020-05-01.
- [24] Ontotext. Architecture & Components, 12 2019. URL <http://graphdb.ontotext.com/documentation/free/architecture-components.html>. Acedido a 2020-01-09.
- [25] Ontotext. About GraphDB, 1 2020. URL <http://graphdb.ontotext.com/documentation/free/about-graphdb.html>. Acedido a 2020-01-09.

- [26] Passport.js. Overview, 2019. URL <http://www.passportjs.org/docs/>. Acedido a 2019-12-17.
- [27] Jeff Petters. What is SAML and How Does it Work?, 8 2018. URL <https://www.varonis.com/blog/what-is-saml/>. Acedido a 2019-12-26.
- [28] Sebastián E. Peyrott. *The JWT Handbook*. 0.14.1 edition, 2018.
- [29] Ryan Pinkham. What Is the Difference Between Swagger and OpenAPI?, 10 2017. URL <https://swagger.io/blog/api-strategy/difference-between-swagger-and-openapi/>. Acedido a 2019-12-27.
- [30] Kristopher Sandoval. Top Specification Formats for REST APIs, 3 2016. URL <https://nordicapis.com/top-specification-formats-for-rest-apis/>. Acedido a 2019-12-31.
- [31] Marcus Schiesser. What is an API Gateway?, 1 2019. URL <https://glasnostic.com/blog/what-is-an-api-gateway-aws-express-kong>. Acedido a 2020-05-15.
- [32] Swagger. What is Swagger?, 2019. URL <https://swagger.io/tools/open-source/getting-started/>. Acedido a 2019-12-27.
- [33] Mika Tuupola. Branca as an Alternative to JWT?, 8 2017. URL <https://appelsiini.net/2017/branca-alternative-to-jwt/>. Acedido a 2019-12-22.
- [34] Ivan Vasiljevic. Adding Swagger To Existing Node.js Project, 8 2017. URL <https://blog.cloudboost.io/adding-swagger-to-existing-node-js-project-92a6624b855b>. Acedido a 2019-12-28.



ALGORITMOS

A.1 CONVERSION DE JSON PARA XML

```
sizeTab = 4

function protectForXml(string)
    string = replace '<' by '&lt;' in string
    string = replace '>' by '&gt;' in string
    string = replace '&' by '&amp;' in string
    string = replace "'" by '&apos;' in string
    string = replace '"' by '&quot;' in string
    return string

function protectKey(string)
    string = replace '<' by '' in string
    string = replace '>' by '' in string
    string = replace '&' by '_' in string
    string = replace '"' by '' in string
    string = replace "'" by '' in string
    string = replace '\s+' by '_' in string
    return string

function json2xmlArray(array, nTabs)
    xml = ''
    len = length(array)

    for i=0; i < len; i++
        type = type of array[i]
        xml += repeat(' ', nTabs * sizeTab) + '<item index="' + i + '" type="' +
            type + '>'

        if type == 'object' or type == 'string' or type == 'boolean' or type == '
            number' then
            xml += json2xmlRec(array[i], nTabs + 1)

        if type == 'object' then
            xml += repeat(' ', nTabs * sizeTab)
```



```

        xml += '</item>\n'

    return xml

function json2xmlRec(json, nTabs)
    xml = ''
    type = type of json

    if type == 'object' then
        xml = '\n'

        if json is an Array then
            xml = json2xmlArray(json, nTabs)
        else
            for key in json
                aux = ''
                type = type of json[key]

                if type == 'object' then
                    if json[key] is an Array then
                        aux = '\n' + json2xmlArray(json[key], nTabs + 1)
                        type = 'array'
                    else
                        aux += json2xmlRec(json[key], nTabs + 1)

                        aux += repeat(' ', nTabs * sizeTab)
                else if type == 'string' then
                    aux = protectForXml(json[key])
                else if type == 'boolean' or type == 'number' then
                    aux = json[key]

                xml += repeat(' ', nTabs * sizeTab)
                xml += '<' + protectKey(key) + ' type="' + type + '>'
                xml += aux + '</' + protectKey(key) + '>\n'
            else if type == 'string' then
                xml = protectForXml(json)
            else if type == 'boolean' or type == 'number' then
                xml = json

    return xml

function json2xml(json)
    xml = '<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>\n'
    xml += '<root>'
    xml += json2xmlRec(json, 1)
    xml += '</root>'
    return xml

```

Exemplo A.1: Algoritmo de conversão de JSON para XML

A.2 CONVERSOR DE JSON PARA CSV

```

separator = ';'
types = ["classes", "classe", "entidades", "entidade", "tipologias", "tipologia",
        "legislacoes", "legislacao"]
convert_to = {
    "classe": {
        "codigo": ["Código", v => v],
        "titulo": ["Título", v => v],
        "descricao": ["Descrição", v => v],
        "notasAp": ["Notas de aplicação", map_value("nota")],
        "exemplosNotasAp": ["Exemplos de NA", map_value("exemplo")],
        "notasEx": ["Notas de exclusão", map_value("nota")],
        "termosInd": ["Termos Índice", map_value("termo")],
        "tipoProc": ["Tipo de processo", v => v],
        "procTrans": ["Processo transversal (S/N)", v => v],
        "dono": ["Dono", v => v],
        "participante": ["Participante", v => v],
        "donos": ["Donos do processo", map_value("sigla")],
        "participantes_sigla": ["Participante no processo", map_value("sigla")],
        "participantes_participLabel": ["Tipo de intervenção do participante",
            map_value("participLabel")],
        "processosRelacionados_codigo": ["Código do processo relacionado",
            map_value("codigo")],
        "processosRelacionados_titulo": ["Título do processo relacionado",
            map_value("titulo")],
        "processosRelacionados_idRel": ["Tipo de relação entre processos",
            map_value("idRel")],
        "legislacao_idLeg": ["Diplomas jurídico-administrativos REF Ids",
            map_value("idLeg")],
        "legislacao_titulos": ["Diplomas jurídico-administrativos REF Títulos",
            leg_titulos],
        "pca": ["", pca_df("pca")],
        "df": ["", pca_df("df")],
        "filhos": [null, filhos]
    },
    "entidade": {
        "sigla": ["Sigla", v => v],
        "designacao": ["Designação", v => v],
        "estado": ["Estado", v => v],
        "sioe": ["ID SIOE", v => v],
        "internacional": ["Internacional", internacional],
        "dono": ["Dono no processo", map_value("codigo")],
        "participante_codigo": ["Participante no processo", map_value("codigo")],
        "participante_tipoPar": ["Tipo de intervenção no processo", map_value("
            tipoPar")],
        "tipologias": ["Tipologias da entidade", map_value("sigla")]
    },
    "tipologia": {

```

```

    "sigla": ["Sigla", v => v],
    "designacao": ["Designação", v => v],
    "estado": ["Estado", v => v],
    "dono": ["Dono no processo", map_value("codigo")],
    "participante_codigo": ["Participante no processo", map_value("codigo")],
    "participante_tipoPar": ["Tipo de intervenção no processo", map_value("
        tipoPar")]
  },
  "legislacao": {
    "tipo": ["Tipo", v => v],
    "numero": ["Número", v => v],
    "data": ["Data", v => v],
    "sumario": ["Sumário", v => v],
    "fonte": ["Fonte", v => v],
    "link": ["Link", v => v],
    "entidades": ["Entidades", entidades],
    "regula": ["Regula processo", map_value("codigo")]
  },
  "pca": {
    "valores": ["Prazo de conservação administrativa", v => v],
    "notas": ["Nota ao PCA", v => v],
    "formaContagem": ["Forma de contagem do PCA", v => v],
    "subFormaContagem": ["Sub Forma de contagem do PCA", v => v],
    "justificacao_criterio": ["Critério PCA", map_value("tipoId")],
    "justificacao_refs": ["ProcRefs/LegRefs PCA", refs]
  },
  "df": {
    "valor": ["Destino final", destino_final],
    "notas": ["Notas ao DF", v => v],
    "justificacao_criterio": ["Critério DF", map_value("tipoId")],
    "justificacao_refs": ["ProcRefs/LegRefs DF", refs]
  }
}

internacional(value)
  if value == "" then
    return "Não"
  else
    return "Sim"

join(array)
  return join_with(array, '#\n')

map_value(key)
  return function(value)
    return join(map(value, p => p[key]))

leg_titulos(value)
  return join(map(value, l => l.tipo + ' ' + l.numero))

```

```

entidades(value)
  v = value

  if len(value) and "sigla" in value[0] then
    v = map(value, t => t.sigla)

  return join(v)

destino_final(value)
  if value == "NE" then
    value = ""

  return value

refs(value)
  procs_legs = []

  for just in value
    if len(just.processos) > 0 then
      procs_legs.push('(' + join(map(just.processos, p => p.procId)) + ')')
    else if len(just.legislacao) > 0 then
      procs_legs.push('(' + join(map(just.legislacao, l => l.legId)) + ')')
    else
      procs_legs.push('()')

  return join(procs_legs)

pca_df(key)
  return function(value)
    csvLines = [], []

    if type of value == "string" then
      csvLines[0].push(protect(key.toUpperCase()))
      csvLines[1].push(protect(value))
    else
      csvLines = convertOne(value, key)

    return csvLines

filhos(value)
  csvLines = []

  for classe in value
    aux = convertOne(classe, "classe")
    delete aux[0]
    csvLines = concat(csvLines, aux)

  return csvLines

protect(string)

```

```

    if string != null then
        if type of string == 'string' then
            string = replace ''' by '"""' in string
            return ''' + string + '''
        else
            return '"""'

joinLines(csvLines)
    len = len(csvLines)

    for i = 0; i<len; i++
        csvLines[i] = join_with(csvLines[i], separator)

    return join_with(csvLines, '\n')

convertOne(json, type)
    csvLines = [[],[ ]]

    for key in convert_to[type]
        k = (split key by '_')[0]
        header = convert_to[type][key][0]

        if k in json then
            f = convert_to[type][key][1]
            value = f(json[k])

            if header == null then
                csvLines = concat(csvLines, value)
            else if header == "" then
                csvLines[0] = concat(csvLines[0], value[0])
                csvLines[1] = concat(csvLines[1], value[1])
            else
                csvLines[0].push(protect(header))
                csvLines[1].push(protect(value))
            else if type == "pca" or type == "df" or k == "fonte" then
                csvLines[0].push(protect(header))
                csvLines[1].push(protect(""))

    return csvLines

convertAll(json, type)
    csvLines = []
    len = json.length

    if len > 0 then
        csvLines = convertOne(json[0], type)

        for i = 1; i < len; i++
            aux = convertOne(json[i], type)
            delete aux[0]

```

```
        csvLines = concat(csvLines, aux)

    return csvLines

json2csv(json, type)

    if type in types then
        if type[last] == "s" then
            delete type[last]

            if type == "legislacao" then
                type = "legislacao"

            csvLines = convertAll(json, type)
        else
            csvLines = convertOne(json, type)
    else
        throw("Não é possível exportar para CSV nesta rota...")

    return joinLines(csvLines)
```

Exemplo A.2: Algoritmo de conversão de JSON para CSV

EXEMPLOS

B.1 CONVERSÃO DE JSON PARA XML

B.1.1 *JSON a converter*

```
{
  "nivel": 2,
  "pai": {
    "codigo": "100",
    "titulo": "ORDENAMENTO JURÍDICO E NORMATIVO"
  },
  "codigo": "100.10",
  "titulo": "Elaboração de diplomas jurídico-normativos",
  "descricao": "Compreende os processos de elaboração/alteração de legislação,
    de regulamentos e de diretivas políticas ou operacionais portuguesas.",
  "status": "A",
  "filhos": [],
  "notasAp": [
    {
      "idNota": "http://jcr.di.uminho.pt/m51-clav#na_c100.10_MRIK1-
        RBu_2sz5u9FzPqH",
      "nota": "Qualquer despacho com diretrizes gerais e abstratas"
    }
  ],
  "exemplosNotasAp": [],
  "notasEx": [
    {
      "idNota": "http://jcr.di.uminho.pt/m51-clav#ne_c100.10_bXM5qoj-
        hKZt6cijQktaj",
      "nota": "- Procedimentos administrativos de classificação do
        património cultural devem ser considerados em \"Reconhecimentos e
        permissões/ Classificação e declaração de interesse ou utilidade
        pública\" (450.20)"
    }
  ],
  "termosInd": [],
  "temSubclasses4Nivel": false,
```

```

    "temSubclasses4NivelPCA": false,
    "temSubclasses4NivelDF": false,
    "subdivisao4Nivel01Sintetiza02": true,
    "tipoProc": "",
    "procTrans": "",
    "donos": [],
    "participantes": [],
    "processosRelacionados": [],
    "legislacao": [],
    "pca": {
        "valores": "",
        "notas": "",
        "formaContagem": "",
        "subFormaContagem": "",
        "justificacao": []
    },
    "df": {
        "valor": "NE",
        "nota": null,
        "justificacao": []
    }
}

```

Exemplo B.1: JSON exemplo a converter

B.1.2 XML gerado

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<root>
  <nivel type="number">2</nivel>
  <pai type="object">
    <codigo type="string">100</codigo>
    <titulo type="string">ORDENAMENTO JURÍDICO E NORMATIVO</titulo>
  </pai>
  <codigo type="string">100.10</codigo>
  <titulo type="string">Elaboração de diplomas jurídico-normativos e de normas técnicas</
    titulo>
  <descricao type="string">Compreende os processos de elaboração/alteração de legislação, de
    regulamentos e de diretivas políticas ou operacionais portuguesas...</descricao>
  <status type="string">A</status>
  <filhos type="array">
    <item index="0" type="object">
      <codigo type="string">100.10.001</codigo>
      <titulo type="string">Produção e comunicação de atos legislativos</titulo>
      <id type="string">http://jcr.di.uminho.pt/m51-clav#c100.10.001</id>
      <status type="string">A</status>
    </item>
  </filhos>

```



```

</filhos>
<notasAp type="array">
  <item index="0" type="object">
    <idNota type="string">http://jcr.di.uminho.pt/m51-clav#na_c100.10_MRIK1-
      RBu_2sz5u9FzPqH</idNota>
    <nota type="string">Qualquer despacho com diretrizes gerais e abstratas</nota>
  </item>
  <item index="1" type="object">
    <idNota type="string">http://jcr.di.uminho.pt/m51-clav#na_c100.10
      _2Dp209euc1AdQg7CUnKCN</idNota>
    <nota type="string">Atos legislativos</nota>
  </item>
</notasAp>
<exemplosNotasAp type="array">
</exemplosNotasAp>
<notasEx type="array">
  <item index="0" type="object">
    <idNota type="string">http://jcr.di.uminho.pt/m51-clav#ne_c100.10_bXM5qoj-
      hKZt6cijQktaj</idNota>
    <nota type="string">- Procedimentos administrativos de classificação do património
      cultural devem ser considerados em "Reconhecimentos e permissões/
      Classificação e declaração de interesse ou utilidade pública" (450.20)</
      nota>
  </item>
</notasEx>
<termosInd type="array">
</termosInd>
<temSubclasses4Nivel type="boolean">>false</temSubclasses4Nivel>
<temSubclasses4NivelPCA type="boolean">>false</temSubclasses4NivelPCA>
<temSubclasses4NivelDF type="boolean">>false</temSubclasses4NivelDF>
<subdivisao4Nivel01Sintetiza02 type="boolean">>true</subdivisao4Nivel01Sintetiza02>
<tipoProc type="string"></tipoProc>
<procTrans type="string"></procTrans>
<donos type="array">
</donos>
<participantes type="array">
</participantes>
<processosRelacionados type="array">
</processosRelacionados>
<legislacao type="array">
</legislacao>
<pca type="object">
  <valores type="string"></valores>
  <notas type="string"></notas>
  <formaContagem type="string"></formaContagem>
  <subFormaContagem type="string"></subFormaContagem>
  <justificacao type="array">
  </justificacao>
</pca>
<df type="object">

```

```

<valor type="string">NE</valor>
<nota type="object">
</nota>
<justificacao type="array">
</justificacao>
</df>
</root>

```

Exemplo B.2: XML resultante da conversão do JSON presente em B.1.1

B.2 CONVERSÃO DE JSON PARA CSV

B.2.1 CSV gerado

```

"Código";"Título";"Descrição";"Notas de aplicação";"Exemplos de NA";"Notas de
exclusão";"Termos Índice";"Tipo de processo";"Processo transversal (S/N)";"
Donos do processo";"Participante no processo";"Tipo de intervenção do
participante";"Código do processo relacionado";"Título do processo relacionado
";"Tipo de relação entre processos";"Diplomas jurídico-administrativos REF Ids
";"Diplomas jurídico-administrativos REF Títulos";"Prazo de conservação
administrativa";"Nota ao PCA";"Forma de contagem do PCA";"Sub Forma de
contagem do PCA";"Critério PCA";"ProcRefs/LegRefs PCA";"Destino final";"Notas
ao DF";"Critério DF";"ProcRefs/LegRefs DF"
"100.10";"Elaboração de diplomas jurídico-normativos e de normas técnicas";"
Compreende os processos de elaboração/alteração de legislação, de regulamentos
e de diretivas políticas ou operacionais portuguesas...";"Qualquer despacho
com diretrizes gerais e abstratas#
Atos legislativos";"";"- Procedimentos administrativos de classificação do
património cultural devem ser considerados em ""Reconhecimentos e permissões/
Classificação e declaração de interesse ou utilidade pública"" (450.20)";"";"
";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"";"
"100.10.001";"Produção e comunicação de atos legislativos"

```

Exemplo B.3: CSV resultante da conversão do JSON presente em B.1.1

SCRIPTS

C.1 INSTALAÇÃO DO ACME.SH

```
#!/bin/bash
#Used acme.sh script from https://github.com/acmesh-official/acme.sh
#necessary packages: openssl, cron, curl

##### Arguments #####
flags=1
while getopts 'c:a:' option
do
    case "${option}" in
        c) CERT_FOLDER=${OPTARG}
            ((flags += 2));;
        a) FOLDER=${OPTARG}
            ((flags += 2));;
        *) exit 1 ;;
    esac
done

CERT_FOLDER=${CERT_FOLDER:-/etc/nginx/acme.sh}
FOLDER=${FOLDER:-~/acme.sh}

if [[ $# -ge $flags ]]; then
    DOMAINS="${@:$flags}"
else
    DOMAINS=(<put here the default domains>)
fi

NAME=acme.sh
EXEC=$FOLDER/$NAME
WEBDIR=/var/www/html

#####

function join_by {
    local d=$1
```

```

    shift
    echo -n "$1"
    shift
    printf "%s" "${@/#/$d}"
}

#Download acme.sh script
downloadInstallScript() {
    #Install necessary packages
    local packages=('openssl' 'curl')
    local toInstall

    for p in "${packages[@]"; do
        which $p 2> /dev/null > /dev/null
        if [ $? -ne 0 ]; then
            toInstall+=$(p)
        fi
    done

    which crontab 2> /dev/null > /dev/null
    local haveCrontab=$?

    declare -A pkg_mngs
    pkg_mngs[apk]="apk --no-cache add -f"
    pkg_mngs[apt-get]="apt-get install -y"
    pkg_mngs[dnf]="dnf install -y"
    pkg_mngs[yum]="yum -y install"
    pkg_mngs[zypper]="zypper install -y"
    pkg_mngs[pacman]="pacman -S --noconfirm"

    declare -A cron
    cron[apt-get]="cron"
    cron[dnf]="crontabs"
    cron[yum]="crontabs"
    cron[zypper]="cron"
    cron[pacman]="cronie"

    local pkg_mng
    for pm in "${!pkg_mngs[@]"; do
        if [ -x "$(command -v $pm)" ]; then
            pkg_mng="${pkg_mngs[$pm]}"

            if [[ ! -z "${cron[$pm]}" ]] && [[ $haveCrontab -ne 0 ]]; then
                toInstall+=("${cron[$pm]}")
            fi
            break
        fi
    done

    if [[ ! -z $pkg_mng ]] && [[ ${#toInstall[@]} -gt 0 ]]; then

```

```

        sudo $pkg_mng ${toInstall[@]}
    fi

    touch /var/spool/cron/crontabs/root

    #Check if script not exists
    if [ ! -f "$EXEC" ]; then
        curl -O https://raw.githubusercontent.com/Neilpang/acme.sh/master/acme.sh
        chmod +x $NAME
        ./$NAME --install
        rm $NAME
        $EXEC --upgrade --auto-upgrade
    fi
}

getCertificate() {
    local domains="-d $(join_by ' -d ' ${DOMAINS[@]})"

    if [ ! -d $WEBDIR ]; then
        mkdir -p $WEBDIR
    fi

    $EXEC --issue $domains -w $WEBDIR
}

installCertificate() {
    if [ ! -d $CERT_FOLDER ]; then
        mkdir -p $CERT_FOLDER
    fi

    #gen dhparam
    openssl dhparam -out $CERT_FOLDER/dhparam.pem 2048

    $EXEC --install-cert -d $DOMAINS \
        --key-file $CERT_FOLDER/key.pem \
        --fullchain-file $CERT_FOLDER/fullchain.pem \
        --reloadcmd "nginx -s reload"
}

downloadInstallScript
getCertificate
installCertificate

```

Exemplo C.1: *Script* de instalação do acme.sh