

**Universidade do Minho**

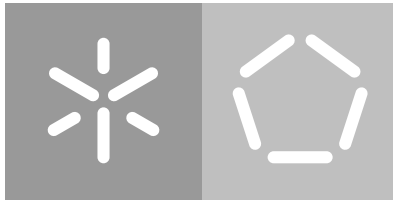
Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Jorge Rafael Chaves Oliveira

**Tutor Inteligente  
para primeiro e segundo ciclos**

October 2017



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Jorge Rafael Chaves Oliveira

**Tutor Inteligente  
para primeiro e segundo ciclos**

Master dissertation

Master Degree in Computer Science

Dissertation supervised by

**Rui Manuel Ribeiro Castro Mendes**

October 2017

---

## AGRADECIMENTOS

---

Antes de tudo gostaria de agradecer ao professor Rui Mendes pela proposta de dissertação, pois foi como um "amor à primeira vista" e pela disponibilidade prestada ao longo destes meses, quer a ajuda com ideias para o sistema desenvolvido, quer na revisão da própria revisão da escrita da dissertação.

Agradeço também à minha família que sempre me ajudou e apoiou, mesmo nos momentos de maior stress, e que me transmitiram valores que ajudaram no meu desenvolvimento pessoal e profissional. Obrigado por terem acreditado que era capaz.

Tenho também um agradecimento especial e de "coração cheio" à minha namorada, e aluna da Universidade do Minho, que sempre se disponibilizou para testar e usar a aplicação com vista no resultado final. Além do apoio no desenvolvimento da dissertação, sempre este a meu lado e nunca me deixou desistir.

Por fim, e não menos importante, tenho agradeço a todos os professores do Departamento de Informática da Universidade do Minho pela dedicação e disponibilidade nos conhecimentos que me transmitiram quer na licenciatura, quer no mestrado e que favorecem as minhas aptidões profissionais de modo a atingir os meus objetivos.

---

## RESUMO

---

Atualmente, existe um forte crescimento das aplicações destinadas à aprendizagem de conteúdos no âmbito escolar.

A proposta de dissertação, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Informática, presente neste documento, foca-se na criação e implementação de um tutor inteligente de modo a criar recursos para crianças do primeiro e segundo ciclos com o objetivo de monitorizar o progresso na aprendizagem desses mesmos conteúdos.

O desenvolvimento desta aplicação visa ajudar os tutores e/ou encarregados de educação a planear o estudo dos seus tutorados, de acordo com as dificuldades ou necessidades apresentadas.

O sistema desenvolvido acompanha não só o tutorado, mas também o seu tutor visto que são dadas sugestões e feitas análises de modo a agilizar o processo de criação de fichas, com o objetivo de os tutorados superarem as suas dificuldades, enquanto fazem uso das tecnologias.

Esta aplicação não só monitoriza a aprendizagem dos tutorados, como também tem presente uma componente para introdução de novo conteúdo escolar por parte dos tutores e/ou encarregados de educação, com o objetivo de armazenar grandes quantidades de dados, de modo a diminuir a ocorrência de perguntas semelhantes.

Relativamente ao sistema de monitorização, este apresenta dados estatísticos referentes às áreas do programa escolar em que o tutorado apresenta mais dificuldades, bem como as áreas em que este está mais à vontade, de modo a poder dinamizar o conteúdo das fichas para os seus intervenientes.

---

## ABSTRACT

---

Actually, there is a strong growth of applications with learning propose in the school context.

This dissertation, in the scope of the Integrated Master in Informatics Engineering presented in this document, focuses on the creation and implementation of an intelligent tutor system in order to create many resources for first and second cycle kids with the objective of monitoring your progress in learning context.

The development of this application aims to help tutors and caregivers to plan the kids study, with difficulties and needs presented.

This system follow not only the kid but also its tutor since there are made suggestions and analyzes in order to speed up the creating records process with the objective of the kids overcome their difficulties while use the technologies.

This application not only monitors the tutors learning, but also has as a module for the introduction of new school content by tutors and parents with the purpose to store a large amounts of data, so as to reduce the occurrence of similar questions.

This monitoring system presents statistical data referring to the areas of the school program in which the tutored presents the most difficulties, as well as the areas in which is more comfortable, in order to be able to improve the records content for yours stakeholders.

---

## CONTEÚDO

---

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Motivação e objetivos	1
1.2	Estrutura do documento	2
2	SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES	4
2.1	Introdução	4
2.1.1	Instrução Assistida por Computador	4
2.1.2	O nascimento dos Sistemas Tutores Inteligentes	7
2.2	O que é um Sistema Tutor Inteligente	7
2.2.1	Características de um <i>Sistema Tutor Inteligente (STI)</i>	7
2.3	Arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes	8
2.3.1	Modelo do Aluno	8
2.3.2	Modelo do Tutor	10
2.3.3	Modelo do Domínio	11
2.3.4	Modelo da Interface	12
2.4	Educação à distância	13
2.5	Aprendizagem colaborativa	14
2.6	O futuro dos STI	15
3	REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	16
3.1	Introdução	16
3.2	Estruturas de Representação do Conhecimento	17
3.2.1	Redes semânticas	17
3.2.2	Sistemas baseados em enquadramentos	18
3.2.3	Grafos conceituais	19
3.2.4	Ontologias	20
4	SISTEMA TUTOR INTELIGENTE DESENVOLVIDO	23
4.1	Arquitetura do sistema	23
4.1.1	Modelo do Domínio	24
4.1.2	Modelo do aluno	35
4.1.3	Modelo do tutor	36
4.1.4	Modelo da interface	38
5	FUNCIONAMENTO DA APLICAÇÃO	40
5.0.1	Página inicial	41
5.0.2	Página do material escolar	42

	<b>Conteúdo</b>	<b>v</b>
5.0.3	Página de criação e visualização de fichas	45
5.0.4	Página do tutor inteligente	51
5.0.5	Página de edição dos dados pessoais	52
6	CONCLUSÕES	54
6.1	Trabalho futuro	55

---

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1	Evolução dos sistemas de ensino com a utilização do computador.	4
Figura 2	Arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes.	9
Figura 3	Exemplo de uma rede semântica.	18
Figura 4	Exemplo de um enquadramento com os respetivos atributos.	19
Figura 5	Exemplo de um grafo concetual para representar <i>O Jorge vai a Braga de comboio</i> .	20
Figura 6	Arquitetura do tutor inteligente desenvolvido.	23
Figura 7	Formulário para introdução de material escolar.	24
Figura 8	Fluxo de trabalho do algoritmo de procura desenvolvido.	26
Figura 9	API do Dicionário-Aberto.	28
Figura 10	API do sistema tutor inteligente desenvolvido.	29
Figura 11	Formulário para criação de uma ficha de exercícios.	31
Figura 12	Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso.	32
Figura 13	Interface criada com transformação dos triplos da imagem anterior.	32
Figura 14	Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Escolha Múltipla.	33
Figura 15	Interface criada com a transformação dos triplos da imagem anterior.	33
Figura 16	Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Palavra em Falta.	34
Figura 17	Interface criada com a transformação dos triplos da imagem anterior.	34
Figura 18	Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Letras Baralhadas.	35
Figura 19	Interface criada com a transformação dos triplos da imagem anterior.	35
Figura 20	Análises do tutor referentes à escolha do tipo de exercícios na criação de uma ficha.	37
Figura 21	Análises do tutor referentes ao progresso na resolução das fichas.	38
Figura 22	Página de início de sessão da aplicação.	40
Figura 23	Página para criação da conta do utilizador.	41
Figura 24	Menu da aplicação.	41



Figura 25	Página inicial com dashboards.	42
Figura 26	Página para introdução do material escolar.	43
Figura 27	Filtragem dos triplos já introduzidos no sistema.	44
Figura 28	Introdução do sujeito do triplo.	44
Figura 29	Criação de um novo predicado.	44
Figura 30	Introdução do predicado do triplo.	44
Figura 31	Introdução do objeto do triplo.	44
Figura 32	Página para editar ou eliminar os triplos introduzidos.	45
Figura 33	Página de criação de ficha de exercícios com os campos preenchidos.	46
Figura 34	Listagem de todas as fichas criadas.	47
Figura 35	Interface de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso.	48
Figura 36	Interface de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso com respostas atribuídas pelo utilizador.	48
Figura 37	Interface de correção de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso.	48
Figura 38	Interface de pergunta do tipo Escolha Múltipla.	48
Figura 39	Interface de pergunta do tipo Escolha Múltipla com respostas atribuídas pelo utilizador.	49
Figura 40	Interface de correção de pergunta do tipo Escolha Múltipla.	49
Figura 41	Interface de pergunta do tipo Palavra em Falta.	49
Figura 42	Interface de pergunta do tipo Palavra em Falta com listas de alternativas disponíveis para resposta.	50
Figura 43	Interface de correção de pergunta do tipo Palavra em Falta.	50
Figura 44	Interface de pergunta do tipo Letras Baralhadas.	50
Figura 45	Interface de pergunta do tipo Letras Baralhadas com respostas atribuídas pelo utilizador.	50
Figura 46	Interface de correção de pergunta do tipo Letras Baralhadas.	51
Figura 47	Representação das estatísticas gerais.	51
Figura 48	Representação das estatísticas por disciplina.	52
Figura 49	Representação das estatísticas por tipo de pergunta.	52
Figura 50	Página de edição dos dados pessoais.	53

---

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1	Funcionamento do algoritmo de <i>Levenshtein Distance</i> .	27
Tabela 2	Tempo médio de pesquisas efetuadas nos diferentes níveis (em milissegundos).	30

---

## SIGLAS

---

### C

CAI Computer Assisted Instructions.

### D

DI Departamento de Informática.

### E

EAD Educação à Distância.

### G

GC Grafos Concetuais.

### I

IA Inteligência Artificial.

### M

MEI Mestrado em Engenharia Informática.

### R

RC Representação do Conhecimento.

RL Reinforcement Learning.

### S

STI Sistema Tutor Inteligente.

---

## INTRODUÇÃO

---

Esta dissertação descreve o trabalho desenvolvido pelo *Mestrado em Engenharia Informática (MEI)* no *Departamento de Informática (DI)*, Universidade do Minho. Este trabalho tinha como principal objetivo o desenvolvimento de um tutor inteligente para crianças do primeiro e segundo ciclos. Os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) proporcionam um ensino individualizado, onde o aluno assume um papel preponderante no processo de aprendizagem. O principal objetivo destes sistemas consiste na criação de modelos de ensino que tomem em consideração o conhecimento do aluno e as suas valências no âmbito do ensino.

Inicialmente, uma das técnicas de aprendizagem máquina usada era denominada por aprendizagem por reforço (*Reinforcement Learning (RL)*). Este tipo de aprendizagem era capaz de implementar um mecanismo personalizado do sistema para o aluno. O aluno adquire conhecimento durante sucessivas interações com o ambiente, e escolhe as ações que proporcionam melhores resultados. O ambiente apresenta um novo estado e um valor numérico, designado por reforço, em cada uma das iterações.

Para que um STI possa implementar a técnica de RL, é necessária uma modelação do ambiente de aprendizagem, de modo a representar as ações do aluno perante as questões, as opções de navegação no sistema e relativamente à estratégia pedagógica. O principal objetivo consiste em criar um sistema de ensino individualizado para cada aluno, de forma dinâmica, no sentido de contribuir para um desempenho agradável. O sistema de ensino consiste numa sequencia de informações, no modo textual ou através de componentes gráficos, que são apresentados ao aluno, com vista a que seja retido o maior conhecimento possível.

### 1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

Com o passar dos anos, cada vez mais, vemos que as crianças estão, desde cedo, ligadas à tecnologia. Esta alteração de comportamento exige cuidados acrescidos, embora se possa tornar um aliado na educação.

Quando aliamos a tecnologia à educação podemos criar ferramentas úteis para o ensino, ajudando os alunos e os próprios tutores. Estas ferramentas, descritas como tutores in-

teligentes, constituem uma mais-valia na aquisição de conhecimento por parte dos seus intervenientes.

Hoje em dia, uma das grandes dificuldades consiste na falta de disponibilidade dos tutores para acompanharem o percurso escolar das crianças que estão sobre a sua responsabilidade, podendo levar a que estas não se sintam motivadas para a aprendizagem, levando a um possível agravamento da situação escolar.

Pretende-se desenvolver um tutor inteligente que ajude a criar recursos escolares para o primeiro e segundo ciclos, ajudando os alunos a exercitar os conteúdos aprendidos nas aulas, de modo a poder otimizar o seu estudo, de acordo com as suas dificuldades.

Este trabalho tem quatro objetivos diferentes, embora funcionem em paralelo:

- Desenvolver um componente para criação de material escolar diversificado, com o objetivo de armazenar uma grande quantidade de informação para poder ser usado na criação de fichas de exercícios.
- Criar fichas de exercícios para os alunos, de acordo com os temas escolhidos, podendo otimizar o seu estudo, com exercícios variados, ao gosto do utilizador, minimizando o risco de descontentamento.
- Monitorizar o percurso de cada aluno e adequar os conteúdos escolares ao seu progresso.
- Permitir que os tutores possam acompanhar o percurso das crianças que estão sobre a sua responsabilidade, nomeadamente na escolha dos conteúdos a praticar e na monitorização da sua aprendizagem.

## 1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este documento é composto pelo 4 capítulos:

O primeiro capítulo retrata o estado da arte dos sistemas tutores inteligentes. São abordados assunto relativos ao surgimento destes sistemas e são identificadas as suas principais características. É explicado cada um dos módulos que compõem a sua arquitetura e abordados os temas de aprendizagem à distancia e aprendizagem colaborativa, terminando com uma revisão sobre o futuro dos sistemas tutores inteligentes.

No segundo capítulo aborda a representação do conhecimento, explicando o que define uma boa representação e fazendo ênfase a algumas estruturas de representação do conhecimento de maior relevo. Para cada representação é mencionada alguma história da mesma e feita uma representação visual.

O terceiro capítulo apresenta a arquitetura do sistema desenvolvido, abordando cada um dos módulos que a constituem. Em cada um dos módulos são mencionadas e explicadas

as principais funcionalidades que o constituem e é feita a ponte da representação desse módulo para a aplicação desenvolvida.

No quarto capítulo são abordadas todas as funcionalidades do sistema, ao estilo de um manual de utilização para um novo utilizador do sistema. Para todas as páginas do sistema é explicado como o utilizador deve proceder e feita a sua ilustração.

Finalmente são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e abordadas algumas ideias sobre o trabalho futuro.

---

## SISTEMAS Tutores INTELIGENTES

---

### 2.1 INTRODUÇÃO

Os STI são provenientes da área da *Inteligência Artificial (IA)*. No final dos anos 50 e princípios dos anos 60, muitos investigadores, tais como, Alan Turing, Marvin Minsky e Allen Newell, acreditavam que, num futuro próximo, os computadores seriam capazes de desenvolver o raciocínio, tal como os seres humanos. Isto não passou de uma mera introspeção, o que levou a que alguns desses investigadores argumentassem que o principal obstáculo para a concretização desse objetivo fosse a necessidade da criação de computadores maiores e mais rápidos. Com a criação de computadores mais robustos, estes seriam capazes de realizar qualquer tarefa que estivesse relacionada com o pensamento humano.

Na história dos STI, mesmo antes do conceito de Sistema Tutor Inteligente, surgiram as *Computer Assisted Instructions (CAI)* que se dividem em três tipos de programas: programas lineares, programas ramificados e programas adaptativos.

As CAI, que vão ser faladas no próximo capítulo, foram o primeiro passo na história dos STI.

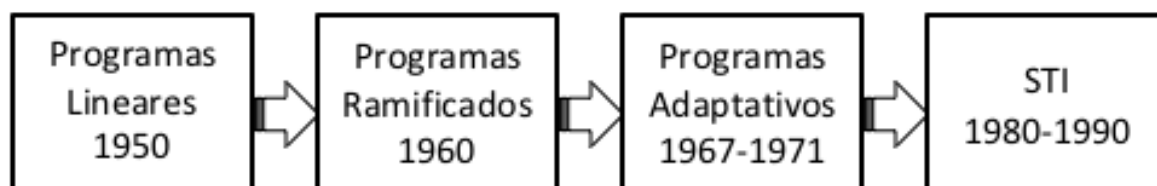


Figura 1: Evolução dos sistemas de ensino com a utilização do computador.

#### 2.1.1 Instrução Assistida por Computador

Nos anos 50, alguns investigadores analisavam a possibilidade de fazer uso dos computadores para ajudar na educação e, nesse momento, surgiram as CAI. O seu desenvolvimento foi influenciado pelas teorias Behavioristas de Skinner (1958) e pela necessidade das máqui-

nas de programação do ensino existentes nessa época. Como foi anteriormente referido, o surgimento das CAI originou também o surgimento de três tipos de programas: programas lineares, programas ramificados e programas adaptativos.

Os **programas lineares** identificam-se por mostrar o conhecimento de uma forma constante e simples, isto é, quando era estabelecida uma ordem de ensino, nada a podia alterar. Este modo de funcionamento dos sistemas tinha a sua origem na Teoria Behaviorista, defendida por B.F. Skinner. Essa teoria argumentava que as pessoas deveriam funcionar por estímulos, ou seja, o mesmo estímulo desencadeava o mesmo comportamento. Deste modo, sempre que o aluno cometesse algum erro, o sistema iria advertir negativamente. Neste tipo de programas não eram considerados os erros do aluno, pois estavam confiantes que quando um aluno fosse advertido negativamente, ele iria rapidamente aprender com o erro. Nos primeiros CAI as respostas do sistema cingiam-se a uma caixa de texto que verificava se um aluno tinha compreendido o conteúdo até aquele ponto, ou seja, o aluno respondia à questão com base no seu conhecimento ou por tentativa e erro e o sistema informava-o do resultado da sua resposta. A ordem pré-definida destes passos deu origem ao conceito de **programa linear**, em que o aluno podia trabalhar usando o sistema no tempo que achasse necessário, e as suas respostas eram advertidas pelo sistema no momento, positivamente ou negativamente conforme o caso.

A partir dos anos 60, começou-se a considerar que as respostas dos alunos deveriam ser usadas para controlar o material escolar a expor, e que se os alunos tivessem acesso ao método de resolução dos exercícios, a sua aprendizagem seria mais rápida e intuitiva, levando ao sucesso na próxima resolução de exercícios idênticos.

Dentro do campo do ensino assistido por computador e sucedendo aos programas lineares, foram criados os **programas ramificados**. Estes programas tinham um número fixo de temas, tal como nos programas lineares, mas a principal diferença consistia na capacidade de atuar segundo as respostas do alunos. A presença de técnicas de *Pattern Matching* foram a principal ajuda na melhoria destes sistemas. Esta técnica analisava a resposta do aluno e a resposta certa, considerando que a resposta do aluno poderia ser considerada aceitável, ao contrário dos programas lineares, em que a resposta era considerada certa, caso fosse igual à resposta certa, ou errada caso não cumprisse o requisito anterior.

No fim dos anos 60 e princípio dos anos 70, surgiram os **sistemas adaptativos**. A filosofia educacional associada a estes sistemas defendia que um aluno aprende mais facilmente quando confrontado com problemas de dificuldade adequada ao seu nível de conhecimento e às suas necessidades. Os sistemas adaptativos são capazes de:

- Gerar um problema de acordo com o nível de conhecimento do aluno.
- Resolver os problemas criados.
- Analisar a resposta do aluno.



Em geral, a solução para um problema não é única; no entanto, os sistemas adaptativos criam uma só solução correspondendo à base do seu conhecimento.

Nesta década foi descoberto um novo nível de sofisticação no desenho dos sistemas CAI, onde, em alguns casos, era possível fazer uso do próprio sistema para gerar mais material de ensino, necessitando apenas que fossem introduzidas as estratégias. Os sistemas adaptativos podiam responder às questões dos alunos e atribuir uma classificação relativa à dificuldade de cada exercício. A desvantagem desses sistemas é que não eram eficazes para todo o tipo de ensino. Embora tivessem bons resultados em áreas como a aritmética, a dificuldade para gerar problemas aumentava consideravelmente nas outras áreas de conhecimento que apresentem somente conteúdo textual.

Após esta década, foi feita uma tentativa de unir os computadores e os meios de ensino escolar, de modo a produzir um meio de ensino digital, onde o aluno aprende de modo autônomo, utilizando os recursos disponíveis pelo sistema. Esta tentativa tornou-se uma tentativa falhada, pois a maioria dos sistemas desenvolvidos eram obsoletos, pois apenas apresentavam os conteúdos escolares, não fazendo qualquer análise à aprendizagem do aluno.

Embora tenham evoluído a nível gráfico, os sistemas CAI ainda não conseguem adaptar-se a cada tipo de aluno, o que prejudica a aprendizagem, visto que os alunos não podem esclarecer as suas dúvidas. Estas sistemas apresentam as seguintes características Urretavizcaya (2001):

1. As fichas de exercícios são muito extensas.
2. A comunicação entre o tutor e o aluno não está bem definida.
3. Reagem segundo estratégias previamente definidas, não se adaptando às necessidades e preferências do aluno.
4. O desenho e implementação dos sistemas são feitos conforme os seus objetivos.
5. A base de conhecimento não é aprimorada no decorrer do tempo, ou seja, não evolui.

Apesar do desenvolvimento contínuo dos algoritmos para este tipo de sistemas, podemos comprovar que não se assemelham a um professor humano, embora se note melhorias significativas ao nível das respostas que o sistema dá ao aluno e no grau de individualização oferecido.

### 2.1.2 O nascimento dos Sistemas Tutores Inteligentes

Durante os anos 60 e 70, era expectável um rápido desenvolvimento e evolução em IA, devido aos rápidos avanços do poder computacional. Um dos grandes problemas nesse desenvolvimento é que os problemas que a IA se proponha a desenvolver envolviam uma grande complexidade quer a nível formal como a nível computacional.

Nessa época, começou-se a questionar o *Behaviorismo* e foram introduzidos os temas de processamento da informação simbólica que despertaram o interesse da comunidade ligada à IA, nomeadamente no processamento de linguagem natural Greeno (1994). O processamento da informação em linguagem natural tornou-se um tema dominante no final dos 70, e início dos anos 80.

Os Sistemas Tutores Inteligentes nascem com a finalidade de tratar falhas dos sistemas adaptativos e tornarem-se como sistemas inteligentes de instrução assistida computacionalmente. Esta iniciativa foi apoiada pelo trabalho dos investigadores de IA, que tinham o objetivo de aprimorar a representação do conhecimento no âmbito dos sistemas inteligentes.

Em 1982, Sleeman e Brown avaliaram o estado da arte dos sistemas CAI e criaram o termo de **Sistemas Tutores Inteligentes**. Estes sistemas facilitam o ensino/aprendizagem, de modo a torná-lo eficaz, correto e agradável.

## 2.2 O QUE É UM SISTEMA TUTOR INTELIGENTE

### 2.2.1 Características de um STI

Segundo Jonassen, um STI deve ser avaliado em três componentes, antes de ser considerado inteligente Jonassen (1993):

1. O conteúdo mostrado ao utilizador deve ser confrontado com os dados dos sistema, inferindo algumas ocorrências e solucionando os problemas.
2. O sistema deve ser capaz de avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno.
3. As estratégias inerentes ao tutor devem ter o objetivo de trabalhar o conhecimento do aluno de modo a torná-lo um especialista.

As características mais importantes de um STI, segundo Urretavizcaya (2001), são:

1. O conhecimento do domínio tem que ser restrito e devidamente articulado.
2. Deve possuir o conhecimento do aluno de modo a dirigir e adaptar a sua aprendizagem.

3. Os métodos de ensino não estão inicialmente estabelecidos, sendo adaptados de acordo com o aluno.
4. Deve diagnosticar a aprendizagem do aluno de modo a analisar as suas dificuldades.
5. Deve melhorar a comunicação entre tutor e o aluno de modo a permitir que o aluno questione o tutor.

Resumidamente, os STI caracterizam-se por separar a representação da matéria ensinada relativamente às estratégias aplicadas. Identificam e caracterizam o aluno de modo a obter um ensino individualizado. Por fim, estes sistemas estão completamente dependentes de uma interface de comunicação que seja de fácil interação e que favoreça a comunicação entre o tutor e o aluno.

### 2.3 ARQUITETURA DOS SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

O principal objetivo dos STI é assemelhar-se a um professor humano, garantido um ensino adaptado a cada aluno. Estes sistemas baseiam-se numa arquitetura composta, basicamente, por quatro componentes:

**MODELO DO ALUNO** : neste módulo estão armazenadas as características e estatísticas do aluno.

**MODELO DO TUTOR** : possui o conhecimento sobre as estratégias e modos para as aplicar, de acordo com as características do aluno.

**MODELO DO DOMÍNIO** : composto pelo conhecimento sobre a matéria no formato de regras de produção, estereótipos, etc.

**MODELO DA INTERFACE** : representa o meio de comunicação entre o tutor e o aluno.

#### 2.3.1 Modelo do Aluno

O **modelo do Aluno** permanece no centro das pesquisas sobre STI (Greeno, 1994). A grande diferença entre os STI e os CAI é que os primeiros têm como objetivo serem capazes de responder de acordo com o conhecimento do aluno de modo a orientá-lo corretamente. Embora alguns investigadores tenham questionado a função deste módulo, quer a nível das limitações técnicas (McCalla, 1992), quer por questões filosóficas (Sack, 1994), esta é ainda uma área onde a investigação continua ativa. Segundo Mitchell (Mitchell, 1993), um STI deve modelar o conteúdo que deseja representar, o aluno e a interação entre o tutor e o aluno.

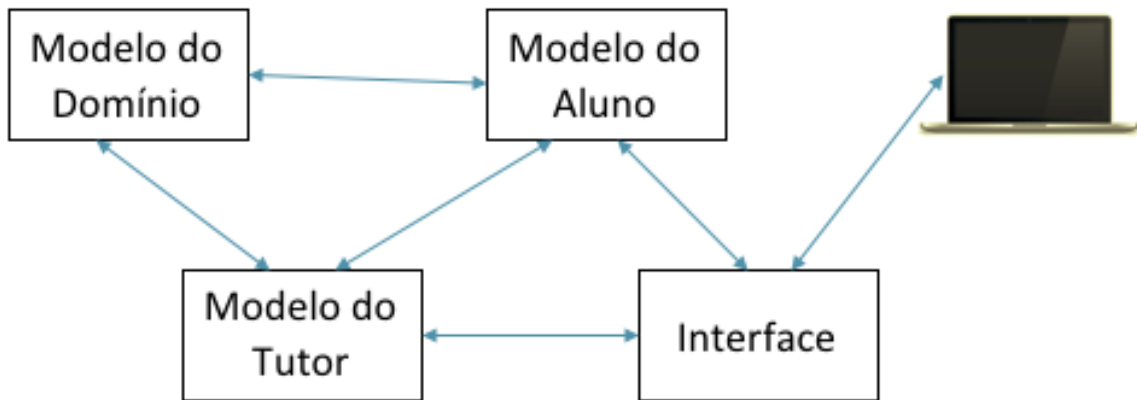


Figura 2: Arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes.

Este modelo representa o conhecimento e as capacidades cognitivas do aluno. É constituído por dados estáticos e dados dinâmicos (Viccari, 1990) que serão usados para o tutor tomar algumas considerações relativamente ao aluno. Contém uma representação do nível de conhecimento do aluno e, através dela, é capaz de inferir a melhor estratégia de ensino a ser aplicada. De modo a tornar-se um modelo rigoroso, este deve atualizar constantemente as estatísticas do utilizador, no momento que avalia o seu desempenho.

Os dados dinâmicos referem-se ao desempenho do aluno durante a utilização do sistema e devem:

- Analisar o historial de respostas fornecidas pelo aluno.
- Comparar os conhecimentos do aluno com os conhecimentos de um especialista de modo a verificar os pontos em comum.
- Colocar as preferências do aluno em evidência.
- Conter a indicação dos objetivos particulares do aluno.

Na Inteligência Artificial é comum chamar de 'conhecimento' a todas as informações que o sistema possui a respeito do domínio da aplicação. No entanto, segundo as teorias da ciência, uma noção mais rigorosa do termo, define 'conhecimento' como uma 'crença verdadeiramente justificada' Nilsson (1987). Deste modo, seria mais rigoroso falar em *bases de crenças* em vez de *bases de conhecimento*. Na maior parte dos sistemas essa diferença não tem consequências práticas visto que o comportamento do sistema não é afetado, no entanto, a distinção é muito importante para a modelação do aluno.

Supondo que o modelo do aluno é um base de conhecimento, implica supor que o aluno age sempre de forma correta e que o sistema tem a capacidade de inferir, corretamente, o estado cognitivo do aluno.

O modelo do aluno é, na realidade, um conjunto de crenças aninhadas: crenças do tutor em relação às crenças do aluno. Este conjunto está em permanente mudança pois, além das hipóteses do tutor poderem estar incorretas, o estado cognitivo do aluno muda com o tempo e isso pode interferir com a utilização do tutor. Douglas Douglas (1988) aponta que os tutores humanos consomem até 20% do seu tempo solucionando as próprias falhas, e não as falhas do aluno. A maior parte dessas falhas derivam de suposições incorretas a respeito do estado cognitivo do aluno.

A capacidade de um STI adaptar as instruções de acordo com o aluno depende completamente da informação que detém acerca dele, ou seja, quanto mais pormenorizada a informação acerca do conhecimento do aluno, melhor a manipulação do método de ensino.

Como o conhecimento do aluno vai-se alterando com o tempo, o seu modelo deve ser capaz de atualizar dinamicamente essas mesmas mudanças. Um tutor humano está constantemente a avaliar o conhecimento do aluno para o poder guiar da melhor maneira. Deste modo, o problema de modelar o aluno passa a ser um conjunto de iterações em que o seu conhecimento é testado e avaliado constantemente, com o objetivo de desenvolver e aperfeiçoar a representação do seu conhecimento.

### 2.3.2 Modelo do Tutor

O modelo do tutor é composto pelas estratégias inerentes ao ensino. Estas estratégias constituem o conhecimento sobre a maneira de ensinar, ou seja, como gerar, a partir das informações recolhidas a partir do modelo do aluno, várias formas de ensinar e representar um determinado tópico com sucesso. Segundo Breuker (1988), a maioria dos investigadores concorda que uma estratégia de ensino deve:

**SABER INTERROMPER** : Identificar as razões que justificam quebrar o desenrolar do raciocínio ou aprendizagem do aluno.

**SABER O QUE DIZER** : Selecionar os tópicos a serem apresentados e ordená-los corretamente.

**SABER COMO DIZER** : O modo como é desenvolvida a escrita da sessão de estudo é fundamental para o seu sucesso.

De um modo geral, um método muito utilizado pelos tutores é o chamado método sócrático, em que o professor conduz o aluno a um processo de reflexão e descoberta dos próprios valores. Para isso, o professor, faz uso de perguntas simples que têm por objetivo revelar as contradições presentes na forma atual de pensar do aluno, auxiliando-o, deste modo, a aprender a pensar por si mesmo. Este método representa um grande ganho relativamente aos CAI tradicionais, onde as conclusões eram apresentadas ao aluno, levando a que fossem recebidas passivamente, mesmo que fossem apresentadas fazendo uso de recursos multimédia avançados.

Outro modelo teórico usado em STI é o modelo de *coaching*, que utiliza o entretenimento, por exemplo jogos, para expor conceitos escolares. Deste modo, a aprendizagem é uma consequência indireta das interações do aprendiz com a ferramenta. Outras estratégias, tal como a orientação e cooperação, são usadas neste tipo de sistemas.

Inicialmente, os modelos do tutor consistiam na utilização de estruturas de hipertexto, que estavam organizadas de forma concisa, e dispunham de modos de navegação que eram utilizados para explorar o domínio, de acordo com os interesses do aluno. Estas estruturas podem recolher diferentes formas de conhecimento, no mesmo documento, permitindo que o aluno possa trabalhar de forma mais participativa e dinâmica, contrariamente ao que acontece com um STI tradicional. Este modelo permite que o aluno possa controlar as informações, colocando-as ao gosto pessoal, que, na maioria dos casos, é diferente dos gostos do autor do sistema.

O funcionamento de uma sala de aula depende essencialmente das decisões e do bom senso do professor, que adapta as suas estratégias de ensino quando estas não funcionam. Devido a esse motivo, o desenvolvimento do módulo referente às instruções de aprendizagem devem ter presentes professores e alunos, com vista a perceber como estas mudanças de estratégia são tomadas.

O módulo referente às instruções deve conter o conhecimento de como adaptar as estratégias às situações encontradas. Este módulo está completamente dependente do conhecimento diagnosticado no modelo do aluno, e contém uma forte componente de especificação de quando e como apresentar a informação ao utilizador.

Preferencialmente, um STI deve ajustar-se de acordo com o nível de conhecimento do aluno (Buiu, 1999).

### 2.3.3 Modelo do Domínio

O modelo do domínio é o componente mais importante de um tutor. É constituído por:

- Material escolar diversificado
- Algoritmos de geração de exercícios
- Processos de simulação de fichas de exercícios

Este modelo contém o conhecimento sobre o domínio que se deseja ensinar ao aluno. Aqui podem ser usados vários modelos de representação do conhecimento tais como redes semânticas, ontologias ou regras de produção. A escolha deve cair sobre o método que seja considerado o mais adequado, ou seja, que cumpra os requisitos de representação e manipulação do raciocínio.

Segundo McTaggart (2001), o modelo de domínio consiste numa base de dados composta por conhecimentos declarativos e procedimentais relativos a um domínio específico. O

desenvolvimento de um modelo do domínio que forneça uma cobertura diversificada e alargada do material escolar existente pode representar uma grande dificuldade e uma tarefa bastante dispendiosa.

Assim sendo, o principal objetivo dos STI consiste na capacidade de representar o seu conhecimento de forma a facilitar a sua aprendizagem pelo aluno.

O modelo do domínio está claramente ligado ao modelo do aluno e deste modo o sistema executa a tarefa de pesquisar o domínio do conhecimento comparando-o exaustivamente com o modelo de aprendizagem do aluno.

Os métodos de trabalho deste modelo não se assemelham ao comportamento humano, uma vez que estes últimos não fazem uma procura exaustiva da informação, optando por aplicar métodos apropriados de acordo com o problema em causa. Neste momento já existem modelos do domínio que simulam os métodos usados pelo ser humano, fazendo uso desses métodos e qualidades a eles associadas para o uso e estruturação da própria representação do conhecimento (Orey, 1993).

#### 2.3.4 Modelo da Interface

Qualquer sistema interativo que se preze, necessita de uma boa interface para o seu sucesso, e neste âmbito, os STI não representam uma exceção. Este tipo de sistemas tem como principal desafio a componente interativa entre o tutor e o aluno. Desse modo, este tipo de sistemas tem como principais funções:

1. Apresentar o material escolar.
2. Monitorização do progresso do aluno através da recolha das suas respostas.

Estas duas funções devem cumprir os seguintes objetivos:

1. Evitar que o aluno se desmotive ou aborreça, ou seja, os recursos disponibilizados devem apresentar diversidade na apresentação do material escolar.
2. Deve facilitar o diálogo entre o aluno e o tutor, de modo a que o aluno possa intervir oportunamente e vice-versa.
3. A monitorização deve ser realizada de forma encoberta evitando sobrecarregar o aluno com questionários extensos e inoportunos.

Na área das tecnologias e da ciência da computação, a interface homem-computador continua a ser um tema alvo de grande quantidade de investigação. Uma boa interface deve:

- Antecipar, sempre que possível, as ações do utilizador.

- Garantir a consistência do sistema.
- Dispor de um grande nível de interação.

O utilizador aprende a interagir com o sistema ao mesmo tempo que está perante o material escolar, sendo mínimo o seu esforço.

Existem vários tipos de interface. A escolha dentro dos vários tipos disponíveis varia conforme as habilidades do aluno e o conhecimento a ser aprendido. A interface é um meio de comunicação muito importante visto que há inúmeras formas de apresentar um problema, variando a forma de apresentação, resolução, dificuldade e ajudas prestadas ao aluno durante a sua resolução.

Existem diversas formas de apresentar o material escolar, e notou-se um avanço significativo no momento em que se começou a fazer uso de sistemas de hipertexto e hipermédia. Resumidamente, um sistema de hipertexto é um sistema que gere bases de dados e que permite ligar páginas de informação através de ligações associadas e definidas pelo utilizador. O termo de hipermédia é utilizado quando, juntamente com um sistema hipertexto, é feito o uso de material gráfico, vídeo ou som [Campos \(1970\)](#). Esta variedade de recursos e a possibilidade de fazer uma navegação de modo preciso no conteúdo do sistema, fazem deste tipo de sistemas uma ferramenta com grande potencial para a apresentação do material escolar em [STI](#)

#### 2.4 EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

Quando se fala em educação à distância, falamos na possibilidade de os alunos poderem permanecer em suas casa (ou outro local que lhes seja conveniente), e deste modo evitar o desperdício de tempo em transportes e afins, mas permanecerem ligados a uma rede de informação e software com diferentes oportunidades de aprendizagem. Deste modo, será possível ter um rápido acesso a bibliotecas *online*, permitindo ainda, através de um ambiente adaptado, uma aprendizagem colaborativa. É importante salientar que a *Educação à Distância (EAD)* não se limita apenas a aceder ao conhecimento presente numa base de dados, mas poderá ser integrada com sistemas de realidade virtual de modo a desenvolver habilidades em qualquer domínio específico.

Qualquer sistema que integre a educação à distância necessita de um processo de monitorização devido à necessidade crescente de avaliar o progresso do aluno em todo o processo de aprendizagem e detetar as possíveis dificuldades. Nos dias de hoje, esse acompanhamento é feito por um tutor humano, que necessita de despender um tempo significativo para realizar essa tarefa.

Existem alguns sistemas mais evoluídos que oferecem alguns dados quantitativos em relação às interações, tal como o tempo que o aluno utilizou o sistema e nas várias tarefas realizadas. Apesar desses dados oferecerem algumas indicações sobre os problemas



relativos à interação e ao ritmo de aprendizagem, não são suficientes para uma análise qualitativa e, desse modo, é impossível a sua utilização para minimizar os problemas detetados. A integração de sistemas inteligentes com sistemas de EAD, pode contribuir, num futuro próximo, para que o processo de avaliação qualitativo seja o mais aproximada da realidade. Contudo, para que esse futuro seja atingido, deve-se considerar a necessidade de refletir em relação ao que se pensa da educação, fazendo algumas mudanças fundamentais.

## 2.5 APRENDIZAGEM COLABORATIVA

Há uma forte convicção de que a aprendizagem colaborativa é superior, ao nível do ensino, à aprendizagem individual, e este tipo de aprendizagem é o futuro dos STI. Quando se fala em aprendizagem colaborativa falamos numa aprendizagem que apela ao diálogo com todos aqueles que têm diferentes opiniões, *backgrounds* e habilidades ou que tenham mais facilidades em determinado tema que esteja a ser abordado. Neste diálogo é normal a ocorrência de questões que estimulem o pensamento crítico e um aprofundamento do tema em questão. Ao longo do tempo, algumas pesquisas têm sido feitas no âmbito da psicologia cognitiva e social de modo a arranjar resposta para as perguntas referentes às melhores composições de grupos de estudantes, no âmbito da aprendizagem colaborativa, tais como:

- Será mais indicado misturar géneros ou optar por grupos mais homogéneos?
- Caso se opte pela divisão do grupo, qual o critério de divisão?
- Quando é que se pode/deve estabelecer um grupo baseado nas suas aptidões?
- Que outros fatores se deve ter em conta?

A evolução da tecnologia encontra-se no ponto em que os sistemas informáticos podem conter ambientes de aprendizagem que suportam um elevado nível de interação social. Este tipo de tecnologia facilita a aprendizagem, especialmente quando pessoas de diferentes capacidades intelectuais partilham experiências e expõem as suas dúvidas. Deste modo os alunos podem trabalhar, de modo colaborativo, no mesmo projeto, sem ter consciência da presença de alguém ao seu lado. O potencial deste tipo de aprendizagem, associada aos STI, ainda é praticamente desconhecida, sendo necessário muita investigação de modo a poder ser uma realidade (Shute, 1994).

## 2.6 O FUTURO DOS STI

Para que a inteligência dos STI possa ser aperfeiçoada, as questões devem ser entendidas pelo computador de forma razoável de modo a que o sistema possa inferir ou resolver os problemas nos diferentes domínios. Deste modo, o sistema deve poder verificar a proximidade entre o aluno e determinado conteúdo escolar.

Graças às pesquisas feitas para a resolução de problemas nos campos da inteligência artificial, psicologia e pedagogia, conseguiu-se obter informações relevantes sobre formas efetivas e eficientes para:

1. Representar, utilizar e comunicar o conhecimento de determinado domínio.
2. Representar a evolução do nível do conhecimento do aluno.
3. Adaptar o material escolar de acordo com o aluno em causa.

Relativamente ao último tópico, foram levantadas algumas questões, nomeadamente:

- Como é que os computadores podem entender a linguagem natural?
- Que tipos de mecanismos de inferência poderiam otimizar o nível de conhecimento do aluno?
- Quais as características dos alunos que obtêm melhores resultados em determinado ambiente de aprendizagem, comparativamente a um ambiente diferente?

Concluindo, no futuro, é expectável que os STI desenvolvam mecanismos de ensino à distância e que forneçam ferramentas eficazes para o ensino colaborativo, recriando desse modo um sistema útil para os alunos e para os respetivos tutores (Shute, 1994).

---

## REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

---

### 3.1 INTRODUÇÃO

A *Representação do Conhecimento (RC)* é uma área de investigação do ramo da IA. É composta por um conjunto de palavras em linguagem formal, nas quais são definidas semânticas e um conjunto de regras de inferência, capazes de gerar/inferir novas palavras a partir das palavras iniciais e composta por um conjunto de convenções sobre como se deve descrever uma classe de objetos. Uma boa representação torna os objetos e as relações explícitos e expõe as restrições internas, inerentes ao problema. Uma boa representação deve ser:

**COMPLETA** permitindo representar tudo o que deve ser representado.

**CONCISA** de modo a usar o menor número de recursos, não ponto em causa a eficiência.

**TRANSPARENTE** permitindo que o que está representado, seja entendido.

**RÁPIDA** possibilitando o rápido armazenamento e recuperação da informação.

**COERENTE** de modo a haver conformidade entre os dados representados.

**COMPUTÁVEL** de modo a permitir a sua criação utilizando um processo computacional.

Quando falamos de **RC**, temos que descrever as quatro componentes que a constituem:

**COMPONENTE LÉXICA** determina os símbolos que são permitidos no vocabulário da representação.

**COMPONENTE ESTRUTURAL** descreve as restrições sobre o modo como os símbolos podem ser combinados.

**COMPONENTE PROCEDIMENTAL** especifica como os símbolos podem ser manipulados, definindo procedimentos que possibilitam a criação e alteração das descrições.

**COMPONENTE SEMÂNTICA** estabelece uma forma de associar significado às descrições.

Alguns formalismos de RC incluem as redes semânticas, os grafos conceituais, os sistemas baseados em enquadramentos e as ontologias. Embora todos estes formalismos sejam semelhantes, alguns são mais convenientes, de acordo com o caso de estudo.

## 3.2 ESTRUTURAS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

### 3.2.1 *Redes semânticas*

Uma rede semântica é um estrutura usada para a representação do conhecimento como um padrão de interconexões entre nodos e arcos. A primeira rede semântica foi implementada em sistemas de tradução automática, no início de 1960. Desde aí, várias versões foram desenhadas e implementadas. Embora as terminologias e anotações fossem diferentes entre elas, apresentavam, em comum, as seguintes noções:

- Os nodos da rede representam os conceitos das entidades, atributos, eventos e estados.
- Os arcos da rede, normalmente chamados de relações conceptuais, representam as relações entre os nodos. A descrição dos arcos especifica o tipo de relação.
- Algumas relações conceptuais representam casos gramaticais, que mostra a função de uma palavra dentro de um frase. Outras representam conexões espaciais, temporais, de causa ou de lógica. Existem ainda as relações que representam o papel de uma entidade, respetivamente a outra (mãe, proprietário, chefe), mas as representações dos papeis como relações ou conceitos, variam entre diferentes sistemas.
- Os tipos de conceitos estão organizados de modo hierárquico de acordo com o nível de generalidade. Esta hierarquia é frequentemente chamada de hierarquia de tipos ou hierarquia taxonómica.
- Quando um nodo de origem está relacionado com um nodo de destino, todos os atributos do nodo de destino são herdados pelo nodo de origem, através do conceito de hierarquia.

Apesar dos temas em comum, as redes divergem em várias questões, tais como questões filosóficas de significado, métodos para representar todos os quantificadores e operadores de lógica, técnicas para a manipulação das redes e representação das inferências e as convenções estilísticas para desenhar os nodos e os arcos e etiquetá-los com palavras ou outros símbolos. Alguns sistemas realçam a habilidade de afirmar proposições e razões entre os nodos e os arcos, enquanto que outros colocam mais ênfase nas formas de definir novos conceitos na hierarquia de tipos. Certos sistemas são desenhados para representar a

linguagem natural, enquanto que outros são desenhados para aplicação em sistemas especializados. Apesar das diferenças, as suas características semelhantes são suficientes para os caracterizar como uma família distinta nos sistemas de representação do conhecimento (Sowa, 1991).

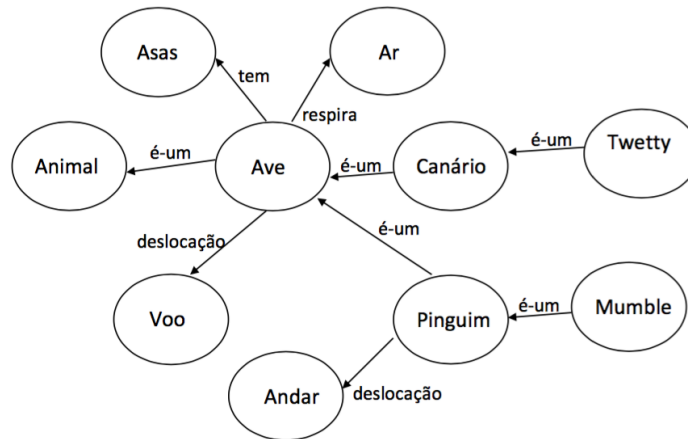


Figura 3: Exemplo de uma rede semântica.

### 3.2.2 Sistemas baseados em enquadramentos

Em 1974, foram introduzidos, por Marvin Minsky, os sistemas baseados em enquadramentos. Um sistema baseado em enquadramentos é um sistema que usa as entidades como enquadramentos e as suas propriedades como uma primitiva modular. A primitiva do modelo central é o enquadramento juntamente com os seus atributos. Esses atributos são apenas aplicáveis ao enquadramento em que estão definidos. Podem ser definidas restrições para os valores de cada atributo. Um enquadramento fornece um contexto para modelar um aspeto do domínio. Uma das vantagens deste tipo de sistemas, é que é possível haver herança entre enquadramentos, permitindo herdar atributos, juntamente com as suas restrições. A base de conhecimento destes sistemas consiste em instâncias (objetos) dessas enquadramentos (Minsky, 1974).

Cada enquadramento é chamado de enquadramento de classe quando representa uma classe e enquadramento individual quando representa um individuo, ou seja, uma instância de classe e é composto pelo seu identificador e os seus atributos. Cada atributo é composto pelo seu identificador, o valor que é definido por defeito (isto é, quando não é definido um valor em específico) e o valor atual. Os valores atribuídos a cada atributo podem ser de três tipos: *set*, *bag* (desordenado e permite múltiplas ocorrências) ou *list* (ordenado). Nada impede que o valor de um atributo possa ser um enquadramento.

Resumindo, podemos considerar que os sistemas baseados em enquadramentos permitem uma boa organização do conhecimento e permitem guardar valores dinâmicos, embora a explicitação de conhecimento heurístico, comum nas regras para os valores de cada atributo, seja complexa. Este tipo de sistemas encontra-se presente nas linguagens de programação orientadas aos objetos.

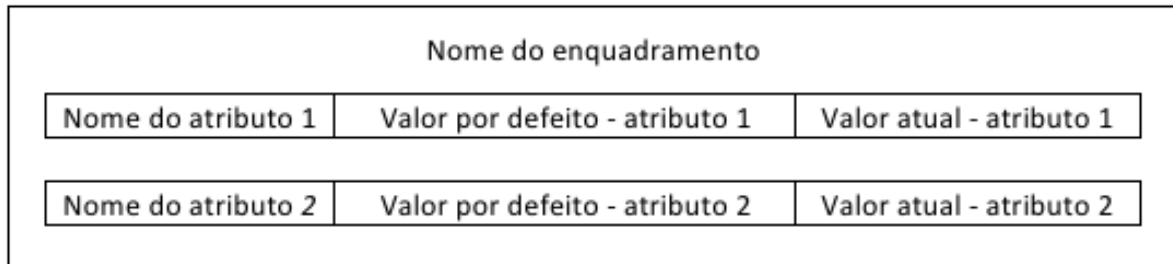


Figura 4: Exemplo de um enquadramento com os respetivos atributos.

### 3.2.3 Grafos concetuais

Um grafo concetual é um formalismo lógico que inclui classes, relações, indivíduos e quantificadores. Este formalismo é baseado em redes semânticas presentes na inteligência artificial. Várias versões de *Grafos Concetuais (GC)* foram desenvolvidas e implementadas ao longo dos últimos anos. As investigações feitas nesta área têm explorado novas técnicas para o raciocínio e representação do conhecimento da linguagem natural e da semântica.

Durante os anos 60, a representação da semântica baseada em grafos era bastante popular quer na linguística teórica como também na linguística computacional. Naquela década, houve uma importante conferência em que:

- Margaret Masterman introduziu a notação baseada em grafos, chamada de rede semântica que incluía a ordem do tipo de conceitos.
- Silvio Ceccato apresentou as redes correlacionais que eram baseadas em 56 tipos diferentes de relações, incluindo subtipos, instâncias, relações e vários tipos de atributos.
- David Hays apresentou a dependência dos grafos que formaliza a notação desenvolvida pelo linguista Lucien Tesnière, que teve uma forte contribuição no campo da teoria sintática, onde, no seu livro, propõe uma formalização das estruturas sintáticas de uma frase, segundo exemplos de diferentes línguas.

As primeiras notações de grafos representavam estruturas relacionais subjacentes à semântica da linguagem natural, embora nenhuma dela fosse capaz de expressar, completamente,

uma lógica de primeira ordem, levando a que fosse alvo de duras críticas relativamente à sua fraqueza a nível lógico.

Nos finais dos anos 70, foram desenvolvidas várias notações de grafos para representar a lógica de primeira ordem ou subconjuntos formalmente definidos. John F. Sowa desenvolveu uma versão de como uma linguagem intermediária para mapear perguntas em linguagem natural e afirmações para uma base de dados relacional Sowa (1976).

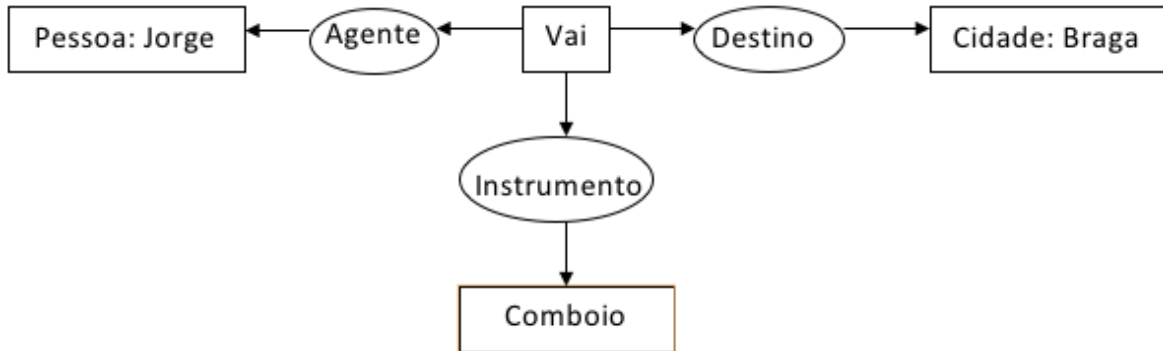


Figura 5: Exemplo de um grafo conceitual para representar *O Jorge vai a Braga de comboio*.

Na figura 5 podemos ver uma representação de um GC para a frase *O Jorge vai a Braga de comboio*. Os conceitos são representados por triângulos, enquanto que as relações conceituais são representadas por círculos. Cada arco apontado a um círculo representa o primeiro argumento da relação, enquanto que um arco apontado para fora do círculo representa o último argumento. Caso a relação apresente apenas um argumento o topo da seta pode ser omitido, enquanto que se uma relação tiver mais do que 2 argumentos, o topo da seta é substituído pelo número de argumentos. O grafo conceitual representado na figura 5 representa uma versão ordenada da lógica. Cada um dos conceitos (*Pessoa*, *Vai*, *Braga*, *Comboio*) tem uma descrição usada para representar o tipo de entidade que o conceito refere. Cada relação (*Agente*, *Destino*, *Instrumento*) tem uma descrição que apresenta o tipo de relação. Este GC mostra que uma pessoa *Jorge* é um agente de uma instância de *Vai*, a cidade de *Braga* é o destino, e o *Comboio* é o instrumento.

#### 3.2.4 Ontologias

Existem várias maneiras de definir o que é uma ontologia, mas entre elas, salienta-se a definição proferida por Gruber, em 1993, que disse que uma ontologia é uma especificação explícita formal de uma conceitualização. Neste caso, a conceitualização, significa o modelo abstrato de algum aspeto do mundo que assume a forma de uma definição das propriedades de conceitos importantes e relações. A especificação explícita significa que o modelo deve ser especificado numa linguagem desambigua, tornando, tal como para os seres hu-

manos, passível para o processamento feito por máquinas. No conceito formal, refere-se o facto de que uma ontologia deve legível para uma máquina.

As ontologias foram desenvolvidas no âmbito da IA, para facilitar a partilha do conhecimento e a sua reutilização. Desde o início dos anos 90 que as ontologias tornaram-se um tópico de investigação pela comunidade da IA, incluindo a engenharia do conhecimento, processamento de linguagem natural e representação do conhecimento. Recentemente, a noção de ontologia, tem sido bastante difundida em áreas como a integração de informação de modo inteligente, sistemas de informação cooperativa, entre outros, devido ao que promete: facilidade de comunicação e partilha do conhecimento inerente a algum domínio em específico, entre pessoas e sistemas informáticos.

Resumidamente, o papel das ontologias, na representação do conhecimento, visa facilitar a construção de um modelo de domínio, visto que, uma ontologia, fornece um vocabulário de termos e relações com o qual modela o domínio.

Devido ao facto das ontologias visarem o conhecimento de domínio consensual, o seu desenvolvimento é um processo cooperativo, envolvendo pessoas diferentes, possivelmente de locais diferentes. Essas pessoas aceitam a ontologia e comprometem-se com a mesma, de modo a não danificar ou corromper o conhecimento presente.

Existem vários tipos de ontologias de modo a preencher os diferentes papéis no processo de desenvolvimento de um sistema baseado em conhecimento:

*DOMAIN ONTOLOGIES* que recolhem conhecimento válido para um domínio em particular.

*METADATA ONTOLOGIES* que fornece um vocabulário para descrever o conteúdo das informações em fontes *online*, como é o caso do *Dublin Core*

*COMMON SENSE ONTOLOGIES* são válidas em vários domínios e tem como objetivo recolher o conhecimento geral sobre o mundo, fornecendo noções básicas e conceitos para coisas como o tempo, espaço, etc.

*REPRESENTATIONAL ONTOLOGIES* não se responsabilizam por nenhum domínio em específico, fornecendo apenas entidades de representação, não indicando o que deverá ser representado. Um exemplo particular deste tipo de ontologias são as ontologias baseadas em enquadramentos, falado anteriormente.

*METHOD AND TASK ONTOLOGIES* que fornecem termos específicos para tarefas em particular e fornecem um ponto de vista do raciocínio do conhecimento do domínio.



Grande parte da investigação sobre as ontologias, está preocupada com a previsão e construção de tecnologia com capacidade de uma reutilização em grande escala de ontologias a nível mundial. Para maximizar o nível de reutilização, as ontologias devem ser compostas por módulos pequenos com uma elevada coerência interna e uma quantidade limitada de interação entre os módulos. Estes requisitos, bem como outros, são os princípios base para desenvolvimento de uma ontologia. (Fensel, 2004)

---

## SISTEMA TUTOR INTELIGENTE DESENVOLVIDO

---

### 4.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

Tal como foi dito anteriormente, os sistemas tutores inteligentes baseiam-se numa arquitetura composta por quatro componentes:

- Modelo do domínio
- Modelo do aluno
- Modelo do tutor
- Modelo da interface

O sistema tutorial desenvolvido, designado por *AprendeComigo*, segue o mesmo rumo dos anteriores, e apresenta uma arquitetura semelhante.

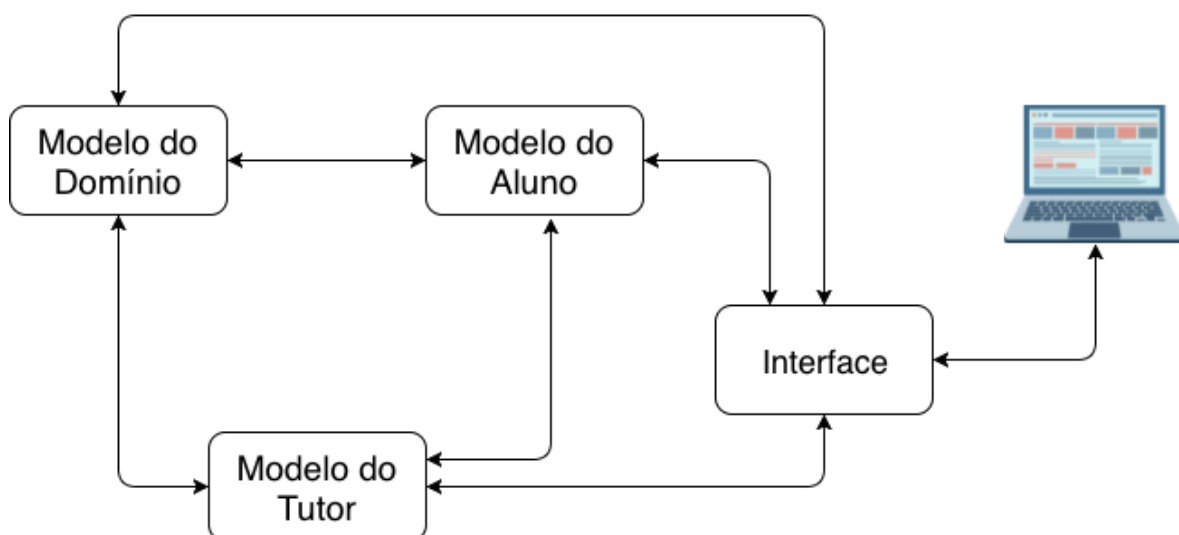


Figura 6: Arquitetura do tutor inteligente desenvolvido.

A principal diferença do AprendeComigo para os outros tutores inteligentes, é que o modelo do domínio também comunica com a camada de interface, contrariamente ao que acontece nos sistemas tutoriais anteriores, devido ao facto de haver uma componente desenvolvida para a introdução de novo conteúdo escolar.

#### 4.1.1 Modelo do Domínio

O modelo do domínio é constituído essencialmente pelo material escolar lecionado nas salas de aula. Visto que este tutor tem como principais utilizadores alunos do primeiro e segundo ciclos, ou seja, entre os 6 e os 12 anos, estamos perante um material baseado em frases curtas e sucintas, não fazendo uso de vocabulário avançado. Tendo em vista o público alvo do AprendeComigo, foi desenvolvido um sistema de introdução de conteúdo escolar baseado em triplos: *sujeito*, *predicado* e *objeto*. Com vista a facilitar a vida do utilizador que vai introduzir o conteúdo escolar, foi desenvolvida uma interface que visa tornar o processo menos moroso e aborrecido, levando a que a que se sinta motivado e encorajado a continuar o processo de introdução do material.

Figura 7: Formulário para introdução de material escolar.

#### *Procedimentos para introdução de conteúdo escolar*

Quando um utilizador pretende introduzir conteúdo escolar, este fá-lo mediante um formulário seguindo uma ordem para o seu preenchimento, de modo a que possa ter o máximo de ajuda do sistema. O utilizador começa por introduzir o ano de escolaridade e a

disciplina. A partir desse momento, o sistema responde com a lista de triplos que contém esses mesmos campos, anteriormente preenchidos. Desse modo o utilizador pode verificar que o conteúdo que pretende inserir ainda não existe, evitando a perda tempo na introdução de conteúdo repetido. Depois é preenchido o campo dos temas e subtemas em que o tema está relacionado com a disciplina, não permitindo introduzir novos temas e por consequência, o subtema está relacionado com o tema, permitindo, deste modo, um maior controlo sobre a informação introduzida. Sempre que um novo campo é preenchido, a lista de triplos presente no sistema sofre variações, ficando cada vez mais pormenorizada. Até este momento, o utilizador já tem o conhecimento do que já existe no sistema, questionando-o se o seu conteúdo é novo e não está incoerente. Surge agora a parte de introdução dos triplos em si. Surgem, então, 3 caixas, nas quais, o utilizador vai introduzir o sujeito, o predicado e o objeto da frase. Na introdução do sujeito e objeto, quando o utilizador começa a escrever as primeiras 3 letras, o sistema executa um algoritmo de procura de palavras semelhantes e respetivo significado. Isto vai ajudar na medida em que o utilizador evita erros gramaticais e agiliza o processo de escrita, tornando-o mais rápido e cómodo. Na introdução do predicado, é mostrada uma lista de predicados, previamente introduzidos no sistema, com o objetivo de cobrir a maior parte dos casos possíveis. Caso o utilizador não se sinta satisfeito com nenhum dos predicados presentes no sistema, é possível a introdução de um novo, fazendo uso de um secção presente no próprio formulário. Nessa secção o utilizador introduz o predicado que deseja adicionar e, depois da validação do sistema, esse novo predicado fica automaticamente disponível para uso. Para obter a validação, o sistema faz uma procura do predicado introduzido no dicionário de língua portuguesa *Priberam* e caso verifique que se trata de um verbo, o predicado é válido e introduzido no sistema. Após a introdução do primeiro triplo, o utilizador pode adicionar mais triplos, repetindo as instruções da introdução dos mesmos ou simplesmente enviar o conteúdo criado. Após o envio do conteúdo, é feita uma análise de modo a evitar que o conteúdo introduzido possa ser repetido. Para isso, antes de um triplo ser introduzido, é feita uma procura, nos triplos anteriormente introduzidos no sistema, de algum triplo que contenha o mesmo sujeito, o mesmo predicado e o mesmo objeto, e caso não haja nenhuma ocorrência, o triplo criado pelo utilizador é adicionado ao material escolar do AprendeComigo. Só triplos que contenham os três campos exatamente iguais são considerados repetidos.

#### *Algoritmo de auxílio na introdução de conteúdo escolar*

A execução do algoritmo de auxílio na introdução do conteúdo escolar começa quando o utilizador digita pelo menos 3 letras no campo pretendido. Após isto, o algoritmo procura em três sítios diferentes, do mais rápido, para o mais demorado: API do AprendeComigo, Dicionário Aberto e *Priberam*

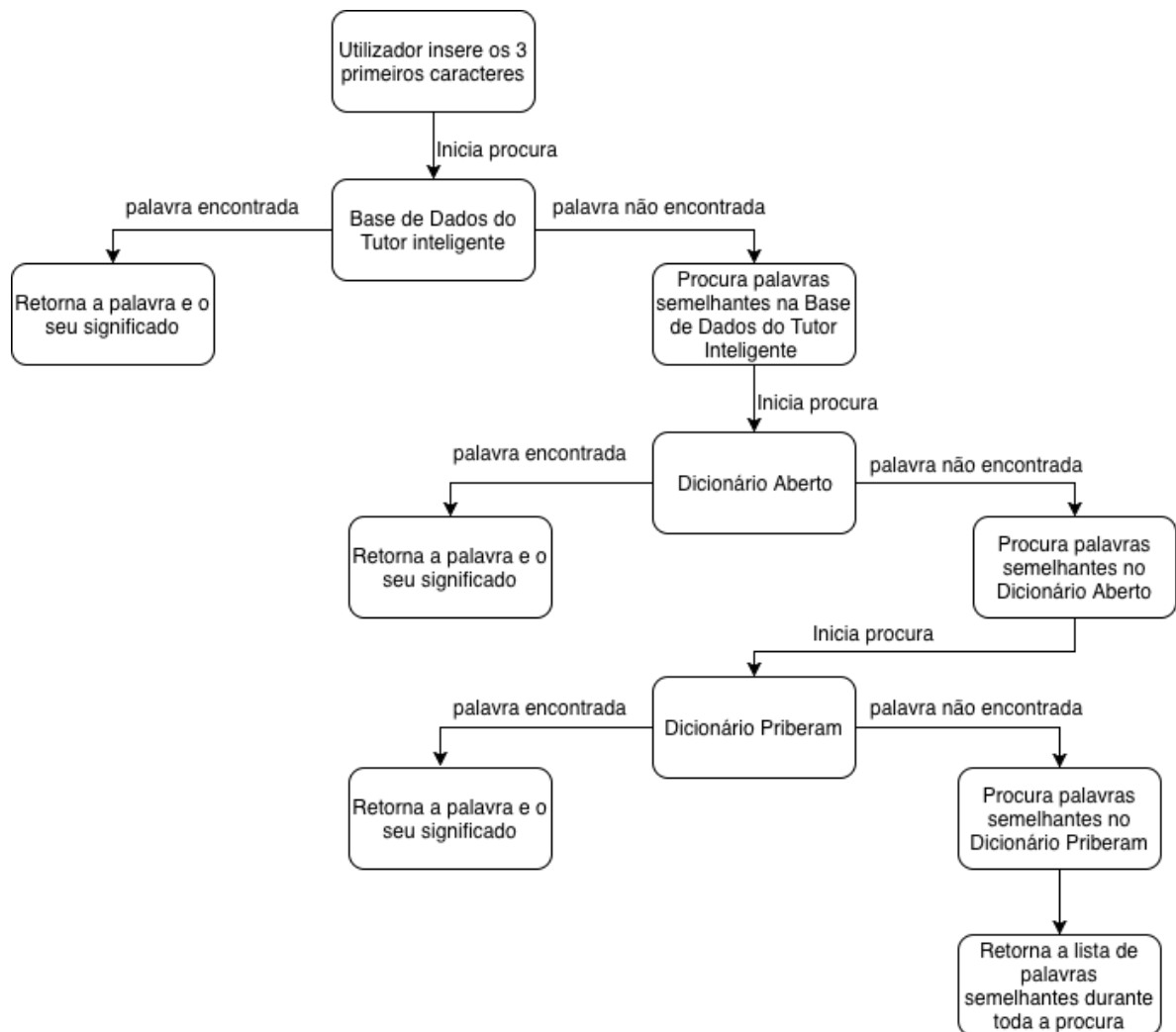


Figura 8: Fluxo de trabalho do algoritmo de procura desenvolvido.

#### *Base de dados do tutor*

O servidor é constituído por uma base de dados não relacional em MongoDB, que é responsável pelo armazenamento de todo o tipo de conteúdos do tutor. Como foi dito anteriormente, a procura começa quando o utilizador digita pelo menos 3 letras. Após isto, é enviado um pedido GET para a rota `"/triples/subjs"` ou `"/triples/objs"`, caso esteja à procura de sujeitos ou objetos respetivamente. O primeiro nível de procura é na API do tutor inteligente. Neste caso, é feita uma procura de todas as palavras (sujeitos ou objetos) nela presentes e executado o algoritmo de Levenshtein Distance [Levenshtein \(1966\)](#) entre a palavra resultante da procura e a palavra que queremos. Tomando a palavra resultante da procura como PalavraR e a palavra procurada como PalavraP, usamos os seguintes requisitos para decidir retornar a PalavraR como sugestão para o utilizador:

Palavra	Operação	Descrição
rato	—	—
rata	Substituição	Substituição da letra “o” pela letra “a” (+1)
prata	Inserção	Inserção da letra “p” (+1)

Tabela 1: Funcionamento do algoritmo de *Levenshtein Distance*.

1. a PalavraR é igual à PalavraP ( $\text{Levenshtein}(\text{PalavraR}, \text{PalavraP}) = 0$ ).
2. a PalavraP está presente na PalavraR ( $\text{Levenshtein}(\text{PalavraR}, \text{PalavraP}) = \text{tamanho PalavraR} - \text{tamanho palavraP}$ ).
3. a cada três letras da PalavraR apenas existe uma letra diferente, comparativamente à PalavraP.

#### *Algoritmo de Levenshtein Distance*

O algoritmo de Levenshtein Distance ou distância de edição entre duas palavras, é dado pelo número mínimo de operações necessárias para transformar uma palavra na outra. Entendemos por “operações” a inserção, eliminação ou substituição de uma letra. O nome advém do cientista russo Vladimir textitLevenshtein, que considerou esta distância já em 1965. É muito útil para aplicações que precisam determinar quão semelhantes duas palavras são, como é o caso dos corretores ortográficos. Vejamos o seguinte exemplo na aplicação do algoritmo na palavra “rato” em relação a palavra “prata”:

Neste caso temos que, o resultado da aplicação do algoritmo de *Levenshtein* nas palavras “rato” e “prata” é igual a 2, pois temos uma substituição e uma inserção para transformar a palavra “rato” em “prata”.

#### *Dicionário Aberto*

Caso não tenha sido encontrada a palavra pretendida, passamos para o segundo nível de procura utilizando a API fornecida pelo Dicionário Aberto ([dicionario-aberto.net](http://dicionario-aberto.net)). O Dicionário Aberto representa o Novo Dicionário da Língua Portuguesa de Cândido de Figueiredo de 1913 e está no Domínio Público. A sua versão transcrita por voluntários no *Distributed Proofreaders* com a supervisão da Rita Farinha está igualmente no Domínio Público. É composto por cerca 130 mil entradas e fornece uma API RESTful “user-friendly”, que retorna resultados no formato JSON ou XML. Dentro das possibilidades presentes na API, destacam-se os seguintes pedidos:

Com estes dois pedidos, obtemos o significado da palavra pretendida com a sua correta ortografia, caso exista. Caso a palavra não existe, obtemos uma lista de palavras semelhantes e respetivos significados e será mostrada ao utilizador. Para agilizar a próxima procura

Tipo de pedido	Rota	Resposta do servidor
GET	/search-json?like="palavra"	Objeto JSON com uma lista das palavras semelhantes à palavra introduzida e a própria palavra, caso exista.
GET	/search-json/"palavra"	Objeto JSON com a palavra procurada, o seu significado e a sua componente sintática.

Figura 9: API do Dicionário-Aberto.

e evitar aceder a esta API, no momento em que se faz uma pesquisa na API do Dicionário Aberto, o seu resultado é introduzido na base de conhecimento do tutor inteligente, permitindo, desse modo, que a resposta seja mais rápida, numa futura procura.

#### *Dicionário Priberam de Língua Portuguesa (DPLP)*

O Dicionário Priberam da Língua Portuguesa (DPLP) é um dicionário de português contemporâneo, cuja nomenclatura compreende o vocabulário geral, bem como os termos mais comuns das principais áreas científicas e técnicas e representa o dicionário mais visitado a nível nacional. Apesar de ser um dicionário mais completo, comparativamente ao Dicionário Aberto, este não fornece uma API, ou seja, os resultados são a própria página HTML, levando a que seja preciso um processamento da mesma, de modo a obter a resposta pretendida. Para procurar uma palavra no DPLP, o terceiro nível de procura, acedemos ao link "<https://www.priberam.pt/dlpo/palavraPretendida>" e aqui surgem duas alternativas:

1. Se a palavra existe então é-nos mostrado o significado da mesma, bem com uma lista de palavras parecidas.
2. Se a palavra não existe, apenas é nos mostrado uma lista de palavras parecidas.

Todas estas listas e significados das palavras são recolhidos da própria página HTML, através de expressões regulares, sendo um trabalho mais complexo e demorado, levando a que o tempo de resposta seja superior. Quando a procura termina, todos os resultados obtidos são introduzidos na base de conhecimento do tutor inteligente.

*API de suporte*

Para suportar todas estas transferências de dados entre o sistema e a base de dados, foi desenvolvida uma API REST para facilitar todo este processo, podendo posteriormente ser integrada em aplicações futuras.

Tipo de pedido	Rota	Descrição
GET	/	Devolve a lista de todos o triplos introduzidos no sistema.
	/subj	Devolve a lista de todos os sujeitos introduzidos no sistema.
	/subj/:palavra	Devolve a lista de sujeitos semelhantes à palavra introduzida.
	/preds	Devolve a lista de todos os predicados introduzidos no sistema.
	/preds/:palavra	Devolve a lista de predicados semelhantes à palavra introduzida.
	/objs	Devolve a lista de todos os objetos introduzidos no sistema.
	/objs/:palavra	Devolve a lista de objetos semelhantes à palavra introduzida.
POST	/triple	Recebe um objeto JSON constituído pelos campos presentes no formulário e uma lista de triplos, podendo ser uma lista unitária.
	/subj	Recebe um palavra referente a um sujeito e o respetivo significado.
	/preds	Recebe um palavra referente a um predicado.
	/obj	Recebe um palavra referente a um objeto e o respetivo significado.

Figura 10: API do sistema tutor inteligente desenvolvido.

*Análise de resultados (Tempos)*

Foram feitos alguns teste do tempo médio de resposta de pesquisas efetuadas nos diferentes níveis, sendo apresentados os resultados obtidos na tabela 2.

Nesta tabela podemos ver a discrepância dos valores dos diferentes níveis, sendo, por isso mesmo, definida esta ordem de procura. Apesar de alguns tempos serem exagerados, isto



Nível	Palavra encontrada	Palavras semelhantes
API tutor inteligente	5	30
Dicionário Aberto	150	2100
Dicionário Priberam	5900	22000

Tabela 2: Tempo médio de pesquisas efetuadas nos diferentes níveis (em milissegundos).

não prejudica a experiência do utilizador, uma vez que isto apenas o ajuda a corrigir erros nas palavras, ou encontrar a palavra pretendida, não sendo obrigatória a sua utilização.

#### *Geração de fichas de exercícios*

O objetivo dos assuntos introduzidos anteriormente tinha como finalidade o enriquecimento da base de conhecimento do tutor para que a geração de exercícios fosse o mais diversificada possível, tornando o *AprendeComigo* uma ferramenta agradável de usar e que minimize a repetição de exercícios. Esta geração de exercícios é iniciada no momento em que o utilizador decide criar uma nova ficha de exercícios. Para criar esta ficha de exercícios, é apresentado ao utilizador um formulário simples e intuitivo, no qual este deve selecionar, inicialmente, qual o destinatário da ficha. A partir deste momento, o *AprendeComigo* mostra ao utilizador as análises referentes ao destinatário da ficha, nomeadamente, análises referentes à disciplina e tipo de pergunta, campos estes que deverão ser preenchidos posteriormente. Isto vai dar uma noção do desempenho do tutorado, apresentado as suas maiores dificuldades.

Por fim o utilizador deve preencher o tipo de ficha que deseja: curta (composta por 5 exercícios), normal (composta por 10 exercícios) e extensa (composta por 20 exercícios). Quando os campos são preenchidos e o utilizador decide gerar a ficha, o *AprendeComigo* processa os dados, gera e guarda a ficha na página do utilizador, ficando depois acessível para iniciar a sua resolução em qualquer momento. Isto facilita a vida do utilizador, que deste modo pode gerar um conjunto diversificado de fichas e depois a sua resolução vai sendo gerida conforme a disponibilidade do tutorado.

Neste momento existem 4 tipos de perguntas que são geradas no tutor inteligente:

- Verdadeiro e Falso
- Escolha Múltipla
- Palavra Incorreta
- Letras Baralhadas

Quando é gerada uma questão do tipo verdadeiro e falso, é criada uma pergunta com 4 alíneas cujas respostas se cingem a verdadeiro e falso. Como todo o conteúdo presente no tutor é conteúdo verdadeiro e correto, foi necessário criar um algoritmo que manipulasse os

The image shows a web interface for creating an exercise sheet. At the top, there is a navigation menu with 'Início', 'Material Escolar', 'Fichas', and 'Tutor inteligente'. On the right, there are links for 'Perfil' and 'Logout'. Below the menu, there are two buttons: 'Criar nova' and 'Reportório'. The main form is titled 'Destinatário da ficha' and contains a dropdown menu labeled 'Seleção o destinatário' and a button 'Adicionar novo destinatário'. The next section is 'Disciplina e tema', featuring two dropdown menus: 'Seleção a disciplina' and 'Seleção o tema', along with a button 'Recomendações do tutor'. The final section is 'Tipo e número de perguntas', with dropdown menus for 'Tipos de perguntas' and 'Seleção o tipo de ficha', and another 'Recomendações do tutor' button. At the bottom of the form is a large blue button labeled 'Criar'.

Figura 11: Formulário para criação de uma ficha de exercícios.

dados e retornasse alternativas falsas. O algoritmo gera conteúdo falso usando as seguintes estratégias:

- Trocando o sujeito da frase
- Trocando o objeto da frase
- Adicionando ou retirando o advérbio “não”

Sendo o último tipo de resposta falsa, de fácil implementação, os dois primeiros requeriam um cuidado acrescido. A simples troca de sujeito ou objeto poderia originar frases sem qualquer sentido ou frases verdadeiras que estariam a ser consideradas falsas, caso duas frases tivessem o mesmo sujeito para dois objetos diferentes ou dois sujeitos diferentes para o mesmo objeto. Para contornar essas adversidades, sempre que se pretende trocar um sujeito, fixamos o predicado e o objeto, e é feita uma procura de sujeitos que, no respetivo triplo, tenha o mesmo predicado e que o objeto do triplo nunca seja igual ao objeto anteriormente fixado. De igual modo, quando se pretende trocar o objeto, fixamos o sujeito e o predicado, e é feita uma procura de objetos que, no respetivo triplo, tenha o mesmo predicado e que o sujeito do triplo nunca seja igual ao sujeito fixado. Quanto à escolha dos triplos, é aplicado um algoritmo de geração de números aleatórios, minimizando, deste modo, a possibilidade de perguntas repetidas.

Na geração de uma questão do tipo escolha múltipla, é criada uma pergunta que para um sujeito há 5 alternativas de resposta certa, devendo o utilizador escolher as alternativas que considerar corretas.

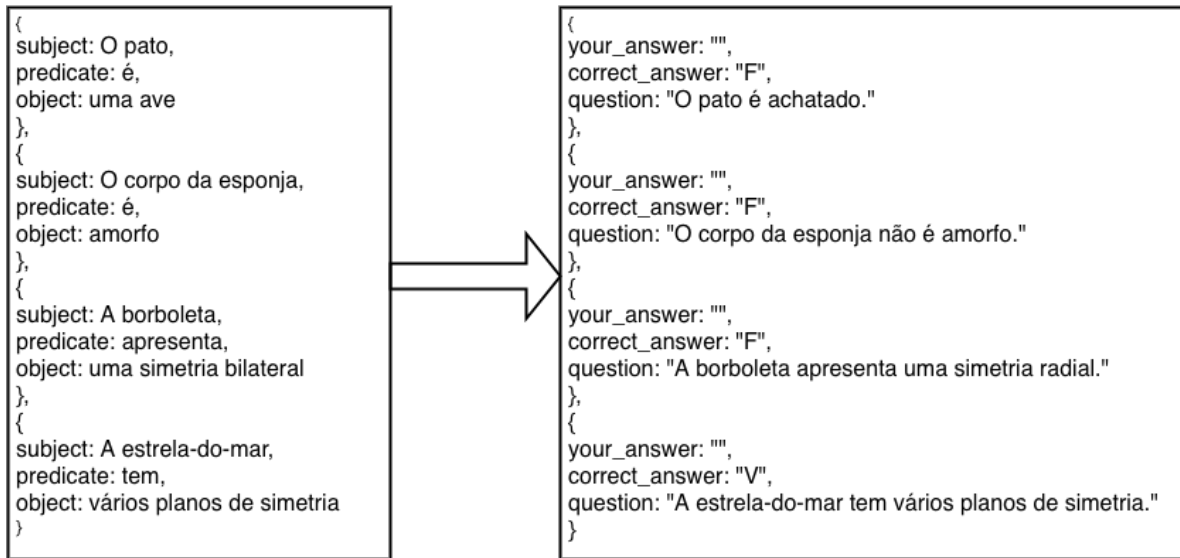


Figura 12: Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso.

**13. Verdadeiro ou Falso**

13.1 O pato é achatado.  Verdadeiro ou Falso

13.2 O corpo da esponja não é amorfo.  Verdadeiro ou Falso

13.3 A borboleta apresenta uma simetria radial.  Verdadeiro ou Falso

13.4 A estrela-do-mar tem vários planos de simetria.  Verdadeiro ou Falso

Figura 13: Interface criada com transformação dos triplos da imagem anterior.

Para a criação deste tipo de perguntas é feita uma procura pelos triplos que apresentam o mesmo sujeito e predicado tendo objetos diferentes, filtrando os sujeitos que apresentam mais do que uma presença nos triplos. Esta filtragem, ainda que não seja essencial ou obrigatória, dá um maior relevo ao conceito de escolha múltipla, pois, desse modo haverá sempre mais do que uma resposta correta. Dentro dos sujeitos que contenham mais do que uma alternativa, é aplicado um algoritmo de geração de um número aleatório para escolher o sujeito e as suas alternativas verdadeiras. Para completar as 5 hipóteses de escolha, é aplicado o mesmo algoritmo de geração de números aleatórios para procurar as restantes hipóteses falsas. Por fim são misturadas as respostas para as respostas verdadeiras estarem entre as respostas falsas.

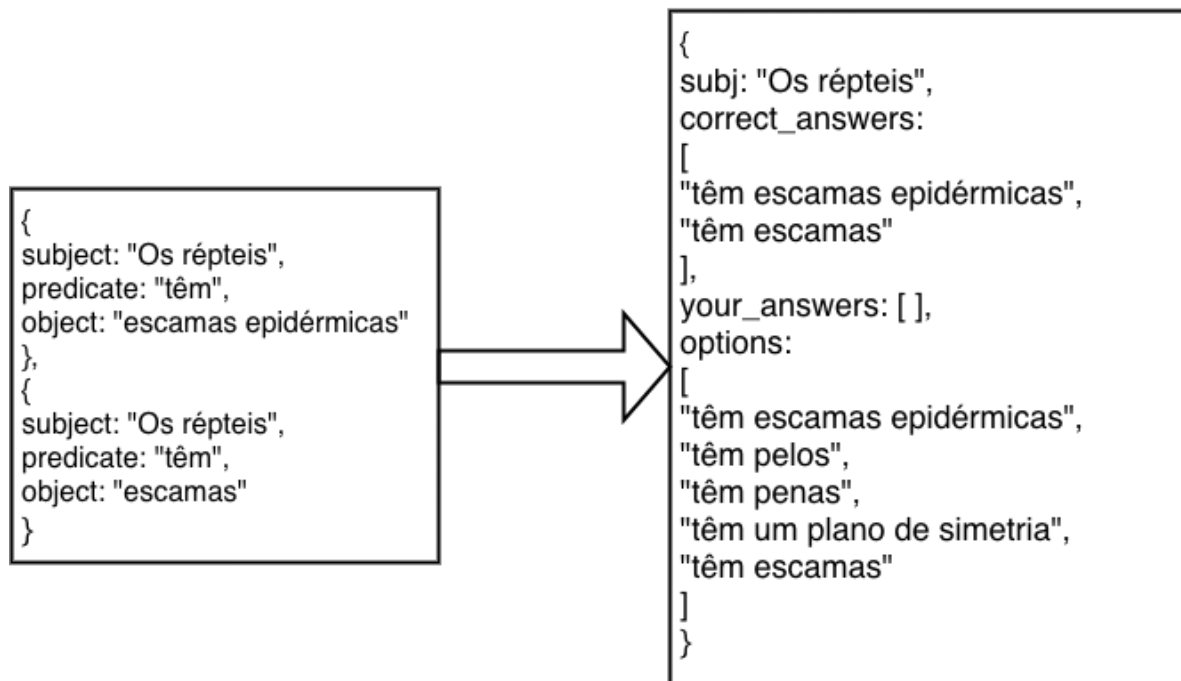


Figura 14: Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Escolha Múltipla.

7. Escolha Múltipla
- 7.1 Os répteis ...
- têm um plano de simetria
- têm escamas
- têm espinhos
- têm quitina
- têm escamas epidérmicas

Figura 15: Interface criada com a transformação dos triplos da imagem anterior.

O conceito de palavra incorreta surge, quando a frase tem um elemento “intruso” que precisa de ser alterado para a tornar a frase correta. Deste modo, foi criado um tipo de questões que contempla o conceito acima descrito. Para a geração deste tipo questões, foi tomada a decisão que o intruso da frase seria o sujeito ou o objeto. Esses sujeitos e objetos são colocados juntamente com mais sujeitos e objetos intrusos, respetivamente, de modo a criar frases para o utilizador trocar os elementos, quando estes estiverem incorretos. Para encontrar intrusos, é feita uma procura por sujeitos e objetos que contenham o mesmo predicado da frase e posteriormente é aplicado um algoritmo de geração de números aleatórios para determinar quais serão os intrusos presentes na formulação da questão.

Por último, surge o tipo de perguntas de letras baralhadas. Este conceito é bastante conhecido no âmbito dos jogos de palavras. Este tipo de perguntas consiste em selecionar

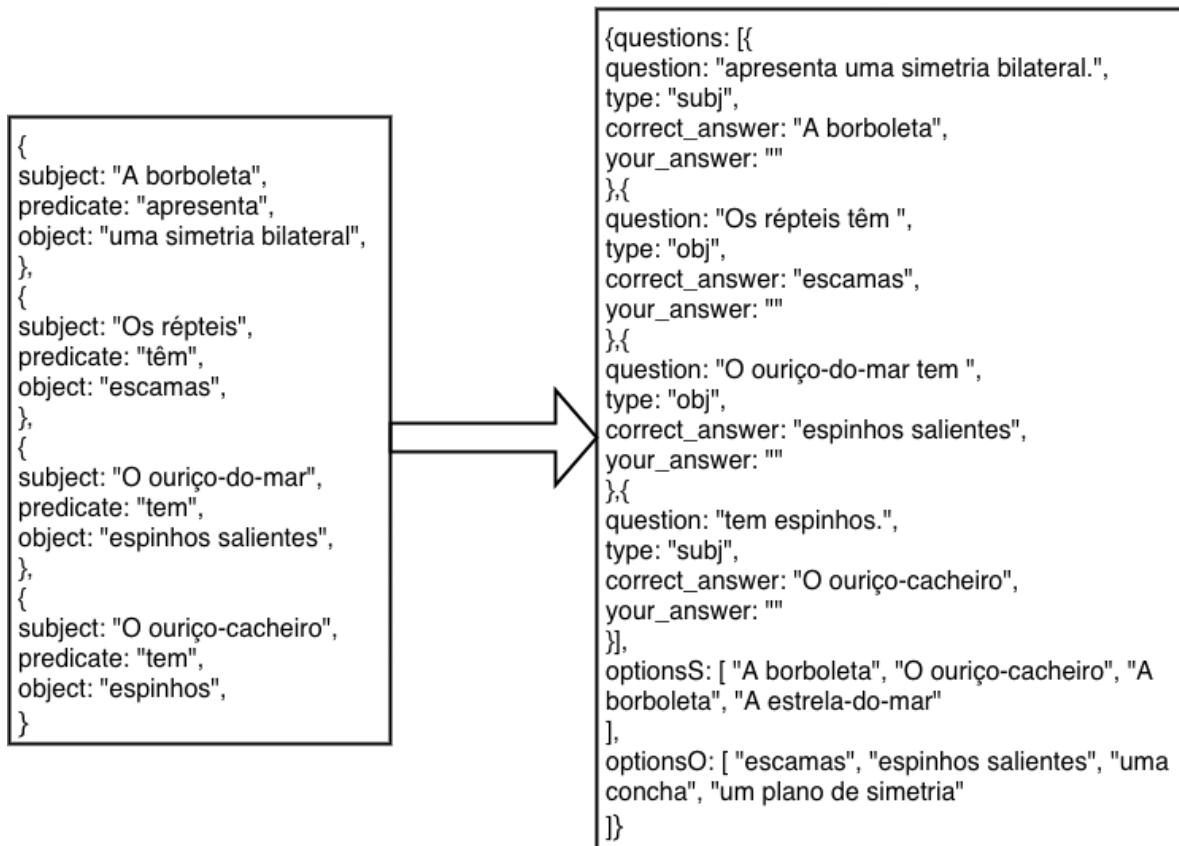


Figura 16: Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Palavra em Falta.

2. Palavra Incorreta
- 2.1  O ouriço-cacheiro apresenta uma simetria bilateral.
- 2.2 Os répteis tem **uma concha**
- 2.3 O ouriço-do-mar tem **espinhos salientes**
- 2.4  A estrela-do-mar tem espinhos.

Figura 17: Interface criada com a transformação dos triplos da imagem anterior.

aleatoriamente dois triplos, depois, para cada triplo selecionar o sujeito ou objeto que pretendemos que seja feita a mistura das letras, e misturar as letras de modo a que o utilizador necessite de formar a palavra certa com as letras que tem disponíveis. Embora o conceito seja simples, este tipo de exercícios tem um grau de dificuldade superior aos outros tipos, sendo que para este tipo de exercícios, apenas são formuladas duas alíneas, contrariamente aos tipos de questões de verdadeiro e falso e palavras incorretas, que são compostas por quatro alíneas.

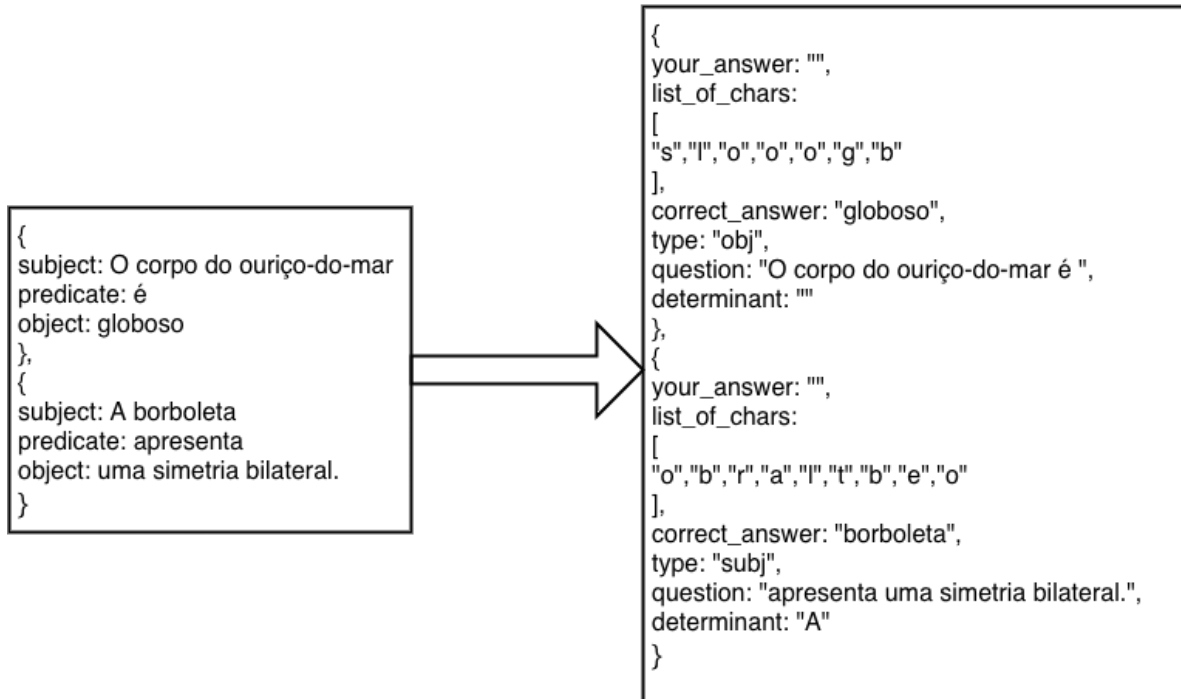


Figura 18: Transformação dos triplos para geração de pergunta do tipo Letras Baralhadas.

11. **Letras Baralhadas**

11.1 O corpo do ouriço-do-mar é  s l o o o g b

11.2 A  apresenta uma simetria bilateral. o b r a l t b e o

Figura 19: Interface criada com a transformação dos triplos da imagem anterior.

#### 4.1.2 Modelo do aluno

O modelo do aluno tem como principal objetivo a representação do seu conhecimento ao longo do tempo e da sua interação com o sistema. Esta interação é feita quando o aluno resolve as fichas de exercícios a ele destinadas. Quando o aluno termina e envia a resolução da ficha de exercícios, o tutor trata da sua correção e analisa as respostas dadas, de modo a atribuir a nota final da ficha e a atualizar os dados estatísticos do aluno. As estatísticas do aluno presentes no tutor inteligente são:

- Estatísticas por disciplina
- Estatísticas por tipo de pergunta

- Estatísticas gerais

Para as estatísticas por disciplina estão presentes os seguintes campos:

- Número de questões respondidas
- Melhor nota
- Pior nota
- Total de fichas
- Média das notas

Para as estatísticas por tema e por tipo de pergunta estão presentes os seguintes campos:

- Número de questões respondidas
- Número de questões respondidas corretamente

Para as estatísticas gerais estão presentes os seguintes campos:

- Número de fichas resolvidas
- Número de questões resolvidas
- Número de questões resolvidas corretamente
- Média das notas
- Melhor nota
- Pior nota

#### 4.1.3 *Modelo do tutor*

O modelo do tutor possui o conhecimento sobre as estratégias inerentes ao ensino, de acordo com a capacidade intelectual do aluno, ou seja, através das suas estatísticas, este modelo tem a capacidade de inferir algumas sugestões e aconselhar o utilizador.

No *AprendeComigo*, o modelo do tutor esta presente em dois sítios: no formulário para a criação de uma ficha de exercícios e nas estatísticas do aluno. Sítios estes que se consideram fundamentais pois pode influenciar o utilizador a tomar medidas diferentes.

Tal como foi mencionado no modelo do domínio, no formulário para a criação de uma ficha de exercícios, quando o utilizador seleciona o destinatário da ficha, são mostradas umas estatísticas referentes ao desempenho do aluno nas diferentes disciplinas e referentes

ao tipo de perguntas. Juntamente com estas estatísticas, estão presentes algumas sugestões e análises feitas pelo tutor.

As sugestões e análises feitas pelo AprendeComigo, ao nível das disciplinas referem-se a:

- Número de fichas reduzidas para uma determinada disciplina.
- Média das notas não ser satisfatória para uma determinada disciplina.
- Data da última ficha realizada, de determinada disciplina, ter ultrapassado determinado patamar.

As sugestões e análises feitas pelo AprendeComigo, ao nível do tipo de perguntas referem-se a:

- Número reduzido de perguntas resolvidas para determinado tipo de pergunta
- Percentagem de perguntas certas em relação às perguntas respondidas, ser inferior a determinado valor.

Estas sugestões e análises reportadas pelo tutor, têm como base os dados estatísticos armazenados no modelo do destinatário da ficha (modelo do aluno), anteriormente mencionadas e nos dados da própria ficha de exercícios, nomeadamente a data da sua resolução. Todos estes dados são confrontados com os requisitos mínimos, e caso não seja cumprido, é criada uma mensagem (sugestão ou análise) para o utilizador.

Os requisitos definidos para originar uma nova mensagem são:

- Número de fichas resolvidas, para uma determinada disciplina, ser inferior a 5 fichas.
- Média das notas de determinada disciplina ser inferior a 70
- Data da última ficha resolvida, para uma determinada disciplina, ter sido realizada há mais de uma semana (7 dias).
- Número de exercícios resolvidos, por tipo de pergunta, ser inferior a 5 exercícios.
- Percentagem de perguntas certas, em relação às perguntas respondidas, ser inferior a 70

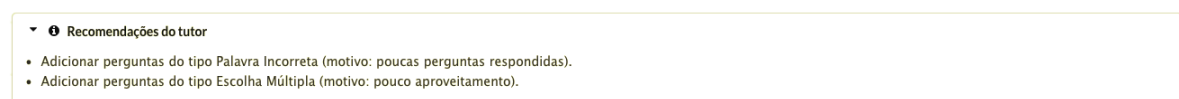


Figura 20: Análises do tutor referentes à escolha do tipo de exercícios na criação de uma ficha.



Nas estatísticas do aluno, ou seja, no modelo do tutor, também são encontradas sugestões e análises semelhantes às mencionadas anteriormente, embora estas apresentem mais detalhe e estão perante gráficos que ajudam a entender a razão daquela sugestão/análise. De salientar que para cada disciplina é feita uma análise às notas das últimas 3 fichas realizadas de modo a poder verificar um aumento de aproveitamento por parte do aluno, ou, no sentido contrário, se o aluno está a baixar o seu aproveitamento.

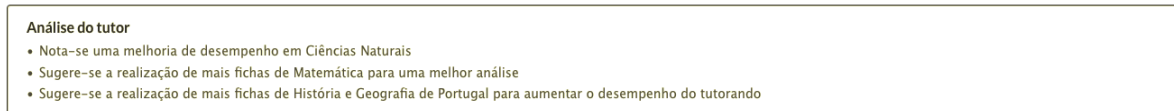


Figura 21: Análises do tutor referentes ao progresso na resolução das fichas.

#### 4.1.4 Modelo da interface

Tal como pudemos ver anteriormente, o modelo da interface comunica com todos os outros modelos e é este modelo que transmite tudo para o utilizador. Este modelo executa todo o processamento dos dados do sistema em *background*, e apresenta uma interface limpa e clara para o utilizador, levando a que AprendeComigo seja agradável de usar, incentivando o utilizador a usufruir das funcionalidades nele presentes.

Ao longo da descrição dos modelos anteriores, foi feita, em todos os casos, uma referência ao modelo da interface. Ou seja, neste momento falta mencionar dois componentes muito importantes e essenciais para o utilizador do sistema: a componente da correção da ficha de exercícios feita pelo utilizador e a componente das estatísticas avançadas. Quando o tutorado termina e envia a sua resolução da ficha de exercícios, o sistema recebe as suas respostas e compara-as com as respostas esperadas, ou seja, com as respostas certas e, neste momento, começa a atualizar a nota final da ficha e a criar o aspeto visual da correção de modo a que o utilizador e o seu tutorado possam analisar o desempenho na resolução da ficha em causa. A resolução da ficha depois é armazenada nas fichas resolvidas, para posterior consulta por parte do utilizador.

Com base em todas as fichas de exercícios resolvidas pelo tutorado, é feita uma análise ao seu desempenho, e gerada um conjunto estatísticas pormenorizadas. No AprendeComigo estão presentes as seguintes estatísticas:

- Estatísticas gerais
- Estatísticas por disciplina
- Estatísticas por tipo de pergunta

Nas estatísticas gerais é representado:

- Gráfico representativo da evolução da resolução das fichas e respetiva avaliação, no decorrer do tempo.
- Dados referentes ao número de fichas realizadas, nota mais alta, nota mais baixa e a média do tutorado.
- Sugestões do tutor.

Nas estatísticas por disciplina é representado:

- Gráfico representativo do número de fichas realizadas por disciplina.
- Gráfico representativo da evolução da avaliação no decorrer do tempo
- Gráfico representativo da média por disciplina.
- Análise e sugestões do tutor.

Nas estatísticas por tipo de pergunta é representado:

- Gráfico representativo do número de exercícios realizados por tipo de pergunta.
- Gráfico representativo das respostas corretas por tipo de pergunta.
- Análise e sugestões do tutor.

Todas as análise e sugestões do tutor foram referidas anteriormente no modelo do tutor.

---

## FUNCCIONAMENTO DA APLICACÃO

---

Neste capítulo será feita uma descrição sucinta de todas as funcionalidades do sistema desenvolvido, bem como o que um novo utilizador do sistema pode encontrar quando usa o AprendeComigo.



Figura 22: Página de início de sessão da aplicação.

Quando um utilizador entra na aplicação pela primeira vez, deve proceder ao seu registo na mesma. A página de registo é uma página em que o utilizador insere os seus dados pessoais, nomeadamente o primeiro e último nome, género, email e palavra-passe. Estes últimos dois dados serão usados para iniciar sessão no sistema. Nesta página, um novo utilizador pode inserir um ou mais tutorados, embora este registo dos tutorados não seja obrigatório, pois o utilizador pode fazer o seu registo posteriormente. Finda esta etapa, o utilizador pode iniciar a sua sessão no sistema.

## Criar uma nova conta

**Informação pessoal**

Primeiro Nome \*  Último Nome \*  Género

**Informação de conta**

E-mail \*  Palavra-Passe \*

**Adicionar tutorando (opcional)**

Nome  Género  Ano de escolaridade

[+ Adicionar novo tutorado](#)

[Registar](#)

Figura 23: Página para criação da conta do utilizador.

### 5.0.1 *Página inicial*

Na parte superior desta página, o utilizador encontra um menu de navegação por toda a aplicação, com ligações para a página do material escolar, página do sistema de criação de fichas de exercícios, página do tutor inteligente, bem como a página de edição do perfil e botão para terminar sessão. Este menu é constituinte de todas as páginas do tutor.



Figura 24: Menu da aplicação.

Quando é iniciada a sessão, é mostrado ao utilizador uma página com alguns *dashboards*, com vista a dar ao utilizador o panorama geral da sua utilização e dos seus tutorados no AprendeComigo. Os *dashboards* representados são:

- Número de tutorados no sistema
- Média por tutorado
- Número de triplos introduzidos
- Número de triplos por disciplina
- Número de fichas geradas

- Número de fichas geradas por disciplina
- Número de fichas realizadas pelos seus tutorados



Figura 25: Página inicial com dashboards.

### 5.0.2 *Página do material escolar*

Quando é selecionada, no menu, a opção de material escolar, é mostrado ao utilizador uma página com opções: adicionar material escolar ou ver e editar o material escolar anteriormente introduzido por si.

#### *Introdução de novo material escolar*

Escolhendo a opção para adicionar material escolar, é apresentado ao utilizador um formulário para essa tarefa. Nesse formulário, o utilizador deve preencher os campos do ano de escolaridade, disciplina, tema e subtema, por esta mesma ordem pois existem dependências entre eles e alterando a ordem de introdução vai levar a que os campos posteriores sejam apagados, tendo o utilizador a necessidade de os preencher novamente. Estes quatro campos são de preenchimento obrigatório. Quando algum destes campos é preenchido, é mostrado ao utilizador uma lista de triplos que contemplam esses mesmos campos introduzidos, levando a que o utilizador evite introduzir conteúdo repetido, pois este será descartado pelo sistema.

The screenshot shows a web interface for adding educational material. At the top, there is a navigation bar with links for 'Início', 'Material Escolar', 'Fichas', and 'Tutor inteligente'. On the right, there are links for 'Perfil' and 'Logout'. Below the navigation bar, there are buttons for 'Adicionar' and 'Ver e Editar'. The main form is divided into several sections:

- Ano de escolaridade e disciplina:** Contains two dropdown menus. The first is labeled '1° - Seleccione o ano de escolaridade' and has '5° ano' selected. The second is labeled '2° - Seleccione a disciplina' and has 'Ciências Naturais' selected.
- Tema e Subtema:** Contains two dropdown menus. The first is labeled '3° - Introduza o tema' and has 'Diversidade nos animais' selected. The second is labeled '4° - Introduza o subtema' and has 'Variedade de formas e revestimento do corpo' selected.
- Conteúdos:** Contains a button '+ Adicionar um predicado novo'. Below it is a table with one row:
 

	Sujeito	Seleção o predicado	Objeto
1			

At the bottom of the 'Conteúdos' section, there are three buttons: 'Adicionar novo triplo', 'Remover último triplo', and 'Enviar'. Below these buttons is a search bar with the text 'Tripos na mesma categoria'.

Figura 26: Página para introdução do material escolar.

Terminando o preenchimento dos campos obrigatórios, o utilizador pode iniciar a introdução de novo conteúdo escolar, na forma de triplos: sujeito, predicado e objeto. Para facilitar o processo de introdução, quando o utilizador vai introduzindo o sujeito e objeto, o sistema vai dando alguma ajuda para completar a frase, levando a que o processo seja mais rápido. Quando a introdução do predicado, o utilizador deve ver se já existe algum predicado que encaixe no triplo inserido, bastando para isso usar a lista. Caso não encontre nenhum predicado adequado, pode introduzir um novo no sistema, e usá-lo posteriormente, caso cumpra os requisitos anteriormente mencionados. Terminando a introdução do triplo, o utilizador pode adicionar mais triplos, ou simplesmente enviar o material escolar introduzido.

#### *Visualização e edição dos seu material escolar*

Quando o utilizador tem material introduzido, este pode usar esta página para o visualizar ou editar/eliminar. É mostrada ao utilizador a lista dos seus triplos e, em cada triplo, estão presente dois botões: botão de editar e botão de eliminar. O botão eliminar serve para remover o triplo em questão após pedir uma confirmação ao utilizador. O botão de editar ativa a opção de escrita no triplo em questão, em que o utilizador pode alterar o seu sujeito, predicado ou objeto e adiciona um botão de enviar, para o utilizador enviar as suas alterações. Apenas é permitida a alteração de um triplo de cada vez.

▼ Q Triplos na mesma categoria

Atualizar resultados

Disciplina	Tema	Subtema	Sujeito	Predicado	Objeto
Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo da solha	é	achatado
Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo do robalo	é	fusiforme
Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo da minhoca	é	cilíndrico
Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo da esponja	é	amorfo
Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo do ouriço-do-mar	é	globoso
Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	A esponja	é	um animal marinho

Figura 27: Filtragem dos triplos já introduzidos no sistema.

1 O macaco

Seleção o predicado

Objeto

O macaco  
Gênero de mamíferos quadrúmanos.

Adicionar novo triplo Remover último triplo Enviar

Figura 28: Introdução do sujeito do triplo.

▼ + Adicionar um predicado novo

Predicado

é

Adicionar predicado

Figura 29: Criação de um novo predicado.

1 O macaco

é

Objeto

tem

têm

é

não tem

▼ Q Triplos na mesma categoria

Figura 30: Introdução do predicado do triplo.

1 O macaco

é

quadrúpede

quadrúpede  
Que tem quatro pés.

Adicionar novo triplo Remover último triplo Enviar

Figura 31: Introdução do objeto do triplo.

Tema	Subtema	Sujeito	Predicado	Objeto	Opções
Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo da solha	é	achatado	
Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo do robalo	é	fusiforme	
Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo da minhoca	é	cilíndrico	
Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo da esponja	é	amorfo	
Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	O corpo do ouriço-do-mar	é	globoso	
Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	A esponja	é	um animal marinho	
Diversidade nos animais	Variedade de formas e revestimento do corpo	a borboleta	tem	um plano de simetria	

Figura 32: Página para editar ou eliminar os triplos introduzidos.

### 5.0.3 *Página de criação e visualização de fichas*

Nesta página o utilizador pode criar fichas para os seus tutorados, com os requisitos que achar indicados, e posteriormente pode seleccionar a ficha para resolver ou para ver a solução, caso tenha sido resolvida anteriormente.

#### *Criação de fichas*

Para a criação de uma ficha, o primeiro campo a ser preenchido deverá ser o destinatário da mesma, ou seja, o seu tutorado. Caso ainda não tenha sido adicionado nenhum tutorado ao sistema, neste momento, o utilizador deve adicionar um. Evitando que o utilizador necessite de aceder a outra página, a criação de um novo tutorado pode ser feita nesta mesma página, bastando para isso o preenchimento dos campos obrigatórios: nome, género e ano de escolaridade e submeter esses dados.

Após a seleção do tutorado, e tendo em conta o ano de escolaridade, o sistema infere as disciplinas lecionadas e respetivos temas. Antes da seleção da disciplina, o utilizador deve ver as recomendações do tutor, de modo a poder escolher a disciplina que o tutorado necessita de praticar, ajudando no aumento do seu desempenho. As recomendações do tutor não são imperativas, podendo o utilizador ignorá-las.

Por último, o utilizador deve seleccionar o tipo de exercícios que pretende que sejam geradas perguntas e a extensão da ficha: curta (composta por 5 exercícios), normal (composta por 10 exercícios) e extensa (composta por 20 exercícios). Para o tipo de exercícios também está presente um conjunto de recomendações do tutor, semelhante ao que foi mencionado



anteriormente. Caso o campo do tipo de exercícios não seja preenchido, são considerados todos os tipos de exercícios.

Figura 33: Página de criação de ficha de exercícios com os campos preenchidos.

### *Visualização das fichas criadas*

Após a criação de uma ou mais fichas, estas estarão disponíveis para consulta nesta página. É mostrado ao utilizador uma lista com todas as fichas geradas por si.

Na representação de uma ficha está presente o tutorado a quem se destina, a disciplina, o tema e o tipo de ficha. Caso a ficha ainda não tenha sido resolvida, está presente um botão para iniciar a sua resolução. Por outro lado, se a ficha já foi resolvida, está presente a sua classificação e um botão para ver a sua resolução.

### *Iniciar resolução de uma ficha*

Quando é selecionada uma ficha para iniciar a sua resolução, esta é aberta numa nova janela, evitando desse modo que o tutorado possa aceder a outras páginas e perca toda a sua resolução até ao momento. O tutorado deve responder a todas as questões e posteriormente terminar a ficha, estando disponível, no final da mesma, um botão para esse efeito.

O tutorando deve responder a todas as perguntas, de forma acertada pois os tipos de pergunta de verdadeiro e falso, palavra incorreta e letras baralhadas não penalizam as respostas erradas. Por outro lado, uma resposta errada no tipo de pergunta de escolha múltipla penaliza o tutorando com a eliminação de uma resposta certa, sendo a pontuação mínima para este tipo de perguntas de zero.

Destinatário	Disciplina	Tema	Tipo	Nota	Opção
Clara	Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Curta (5 perguntas)	Satisfaz (58%)	Q Ver resolução
Clara	Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Normal (10 perguntas)	Sem Avaliação	Iniciar ficha
Clara	Ciências Naturais	Diversidade nos animais	Extensa (20 perguntas)	Sem Avaliação	Iniciar ficha
3 Fichas	2 Fichas por Resolver	1 Fichas Resolvidas			

Figura 34: Listagem de todas as fichas criadas.

Assim que o tutorado termine a ficha, usando o botão para esse efeito, a janela é fechada, e a ficha passa a estar disponível para consulta da sua resolução e as estatísticas são atualizadas.

#### *Ver correção de uma ficha*

Depois de resolvida a ficha de exercícios, é esperado que o tutorado veja a sua classificação e a correção da mesma, por parte do AprendeComigo, levando a que tenha consciência do que errou/acertou, levando à sua classificação final.

#### *Interface de resolução e correção de perguntas*

Visto que o público alvo da aplicação se resume a crianças com idades compreendidas entre os 6 e os 12 anos, a interface das perguntas deve ser simples e clara, não originando dúvidas de como responder às mesmas. Desse modo, foi desenvolvida uma interface orientada ao *click*, para cada uma das perguntas, levando a que o utilizador evite erros gramaticais ou respostas desenquadradas.

Para responder às perguntas de Verdadeiro e Falso, é mostrada ao utilizador uma frase, seguida de um campo para a resposta e dois botões de resposta: verdadeiro e falso. O utilizador deve selecionar a resposta correta fazendo uso dos botões. Quando o botão é selecionado, o campo da resposta é preenchido com o valor do botão. Quando a ficha é enviada para correção, os botões de resposta desaparecem, e é mostrada a correção da pergunta, que neste caso corresponde apenas a assinalar se a resposta está correta ou errada.

Para responder às perguntas de Escolha Múltipla é mostrada ao utilizador uma frase incompleta e 5 alternativas possíveis para completar a frase. Das alternativas disponíveis, o utilizador deve selecionar uma ou mais alternativas, caso as considere acertadas, tendo a

13.1	O pato é uma ave.	<input type="text"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>
13.2	As aves têm quitina.	<input type="text"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>
13.3	A estrela-do-mar tem escamas.	<input type="text"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>
13.4	A borboleta não tem um plano de simetria.	<input type="text"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>

Figura 35: Interface de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso.

13.1	O pato é uma ave.	<input type="text" value="Verdadeiro"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>
13.2	As aves têm quitina.	<input type="text" value="Falso"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>
13.3	A estrela-do-mar tem escamas.	<input type="text" value="Verdadeiro"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>
13.4	A borboleta não tem um plano de simetria.	<input type="text" value="Falso"/>	<input type="button" value="Verdadeiro"/>	ou	<input type="button" value="Falso"/>

Figura 36: Interface de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso com respostas atribuídas pelo utilizador.

13.1	o pato é uma ave.	<input type="text" value="Verdadeiro"/>	✓ Resposta Correta : Verdadeiro
13.2	as aves têm quitina.	<input type="text" value="Falso"/>	✓ Resposta Correta : Falsa
13.3	A Estrela-do-mar tem escamas.	<input type="text" value="Verdadeiro"/>	✗ Resposta Correta : Falsa
13.4	a borboleta não tem um plano de simetria.	<input type="text" value="Falso"/>	✓ Resposta Correta : Falsa

Figura 37: Interface de correção de pergunta do tipo Verdadeiro e Falso.

noção que se seleccionar uma alternativa errada, será aplicada uma penalização, que neste caso resume-se a eliminar uma alternativa seleccionada pelo utilizador que correspondesse a uma resposta certa. Cada alternativa tem presente um quadrado seleccionável, bastando fazer uso do mesmo para seleccionar a alternativa. Após a ficha ser enviada para correção, as opções de seleção das alternativas ficam inacessíveis ao utilizador e é feita a correção da pergunta, mencionado se a resposta está correta ou errada.

1.1 O caracol ...

- tem uma concha
- não tem simetrias
- tem espinhos
- tem formas diversas
- tem escamas

Figura 38: Interface de pergunta do tipo Escolha Múltipla.

1.1 O caracol ...

tem uma concha

não tem simetrias

tem espinhos

tem formas diversas

tem escamas

Figura 39: Interface de pergunta do tipo Escolha Múltipla com respostas atribuídas pelo utilizador.

1.1 O caracol ...

tem uma concha ✓ Resposta Correta

não tem simetrias ✓ Resposta Correta

tem espinhos ✗ Resposta Errada

tem formas diversas

tem escamas

Figura 40: Interface de correção de pergunta do tipo Escolha Múltipla.

Para responder às perguntas de Palavra Incorreta é mostrado ao utilizador uma frase nas seguintes variantes: frase com sujeito atribuído aleatoriamente, ou frase com objeto atribuído aleatoriamente. Perante cada frase, o utilizador deve verificar se o sujeito ou objeto atribuído aleatoriamente, torna a frase verdadeira ou errada. Caso deseje alterar o sujeito ou o objeto, o utilizador deve selecioná-lo e alterá-lo perante a lista de alternativas que lhe são mostradas sendo o número de alternativas correspondente ao dobro do número de respostas possíveis. Após o envio da ficha para a correção, esta lista deixa de estar acessível ao utilizador e é feita a correção da pergunta. Caso a resposta esteja errada, é apresentada a opção correta.

1. Palavra Incorreta

1.1 ▼ A tartaruga não têm revestimento.

1.2 ▼ A estrela-do-mar tem uma concha.

1.3 O sapo é um réptil ▼

1.4 ▼ A estrela-do-mar apresenta uma simetria radial.

Figura 41: Interface de pergunta do tipo Palavra em Falta.

Para responder às perguntas de Letras Baralhadas é mostrada ao utilizador uma frase com o sujeito oculto ou uma frase com o objeto oculto. A frase é mostrada ao utilizador e, a caixa de texto permite ao utilizador introduzir a palavra que falta. Ao lado da frase, encontram-se as letras que compõem o campo oculto, letras estas que estão misturadas, devendo o utilizador ordená-las. Para ordenar as letras, o utilizador deve selecionar uma

1. Palavra Incorreta
- 1.1 - A tartaruga não têm revestimento.
- 1.2 - A estrela-do-mar tem uma concha.
- 1.3 A cobra
- 1.3 O caracol
- 1.4 A estrela-do-mar apresenta uma simetria radial.
2. A minhoca
2. O urso
- 2.1 A tartaruga **pridas e finas** permitem escavar

Figura 42: Interface de pergunta do tipo Palavra em Falta com listas de alternativas disponíveis para resposta.

1. Palavra Incorreta
- 1.1 **Os reptéis** não têm revestimento. ❌ Resposta Correta : Os anfíbios
- 1.2 **A tartaruga** tem uma concha. ❌ Resposta Correta : O caracol
- 1.3 O sapo é **um anfíbio**. ✅ Resposta Correta : um anfíbio
- 1.4 **A estrela-do-mar** apresenta uma simetria radial. ✅ Resposta Correta : A estrela-do-mar

Figura 43: Interface de correção de pergunta do tipo Palavra em Falta.

letra e esta, automaticamente é inserida na caixa de texto correspondente, e posteriormente desativada, pois, cada letra apenas pode ser introduzida uma vez. Caso o utilizador deseje apagar o conteúdo da caixa de texto, deve carregar no botão que se encontra ao lado das letras e a caixa de texto é limpa e as letras voltam a estar todas disponíveis. Após a submissão da ficha, quer as letras, quer o botão para limpar as letras e a caixa de texto desaparecem e é apresentada a resposta ao utilizador, resposta esta que pode estar certa ou errada. Caso a resposta esteja errada, é mostrada qual a resposta esperada, ou seja, a resposta certa.

2. Letras Baralhadas
- 2.1 O corpo da solha é  a d h a a t o c Limpar
- 2.2 A  apresenta uma simetria bilateral. t r b o b a l o e Limpar

Figura 44: Interface de pergunta do tipo Letras Baralhadas.

2. Letras Baralhadas
- 2.1 O corpo da solha é  a d h a a t o c Limpar
- 2.2 A  apresenta uma simetria bilateral. t r b o b a l o e Limpar

Figura 45: Interface de pergunta do tipo Letras Baralhadas com respostas atribuídas pelo utilizador.

2. Letras Baralhadas
- 2.1 O corpo da solha é  ✓ Resposta Correta : achatado
- 2.2 A  apresenta uma simetria bilateral. ✗ Resposta Correta : borboleta

Figura 46: Interface de correção de pergunta do tipo Letras Baralhadas.

#### 5.0.4 Página do tutor inteligente

Esta página mostra todas as estatísticas referentes ao desempenho dos tutorados na resolução das fichas de exercícios. São apresentadas estatísticas gerais por cada tutorado, estatísticas por disciplina e estatísticas por tipo de pergunta, tal como foi mencionado anteriormente neste documento. O utilizador deve fazer uso desta página com vista a analisar as principais dificuldades do seu tutorado, de modo a poder ajudá-lo da maneira mais adequada.



Figura 47: Representação das estatísticas gerais.

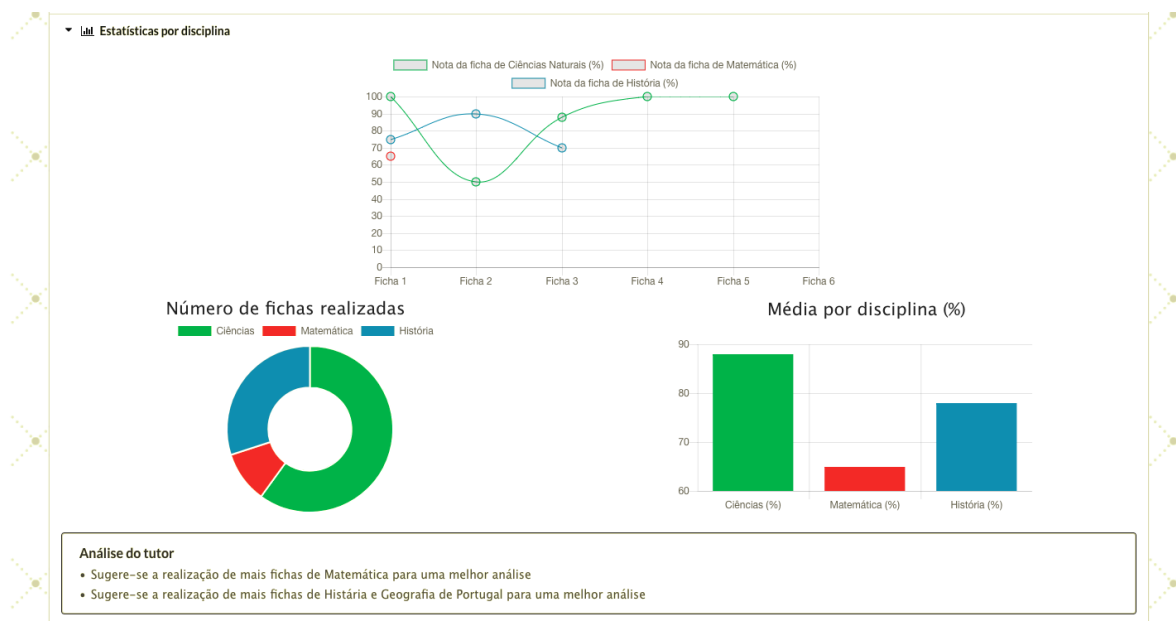


Figura 48: Representação das estatísticas por disciplina.

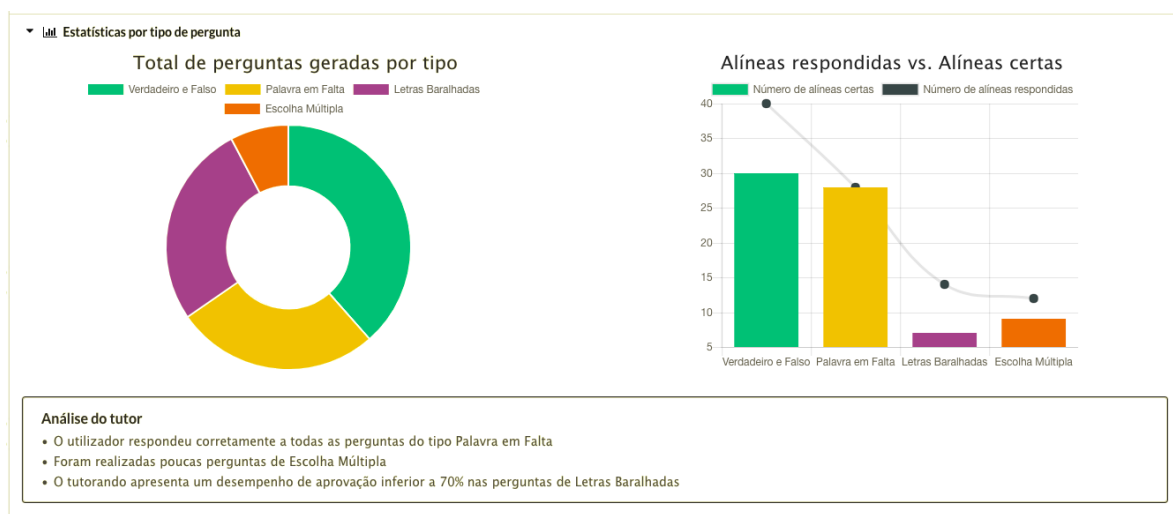


Figura 49: Representação das estatísticas por tipo de pergunta.

### 5.0.5 Página de edição dos dados pessoais

Por último segue-se a página para a edição dos dados pessoais. Nesta página o utilizador pode, não só visualizar os seus dados pessoais, como também os pode editar. Os dados editáveis são o primeiro e último nome, género e palavra-passe. Nesta janela o utilizador também pode adicionar novos tutorados e/ou editar os dados dos tutorados já adicionados (e.g., alterar o nome do tutorado, género e ano de escolaridade). Todos os dados inicial-

mente representados estão bloqueadas para edição. Quando o utilizador usa o botão para editar os dados pessoais, os campos ficam acessíveis para edição.



Início Material Escolar Fichas Tutor inteligente Perfil Logout

**Informação pessoal**

Primeiro Nome: Ana Último Nome: Rocha Gênero: Feminino

**Informação de conta**

E-mail: ana@gmail.com Palavra-Passe: Introduza a sua password Repetir Palavra-Passe: Repita a password introduzida

**Tutorados**

Nome: Clara Gênero: Feminino Ano de escolaridade: 5º ano

+ Adicionar novo tutorado

Editar Dados Guardar Alterações

Figura 50: Página de edição dos dados pessoais.



---

## CONCLUSÕES

---

Este trabalho surgiu devido às dificuldades na geração de novos conteúdos escolares para os alunos mais novos. Aliado à resolução do problema inicial, foi desenvolvido um sistema capaz de fornecer as ferramentas necessárias para um estudo mais organizado e supervisionado. AprendeComigo é uma aplicação que implementa um sistema tutor inteligente com as seguintes características/funcionalidades:

- Permite gerar fichas de exercícios diversificadas com conteúdo escolar atual.
- Permite resolver das fichas criadas por ele.
- Permite introduzir um novo conteúdo escolar no formato de triplos, através de modelo definido para o efeito.
- Armazena dados referentes ao desempenho do aluno na resolução de fichas de exercícios.
- Analisa os dados do aluno e faz a representação gráfica dos mesmos, permitindo ao tutor/encarregado de educação tirar algumas conclusões.
- Monitoriza a aprendizagem do aluno.
- Fornece uma aplicação com uma interface simples e clara.

Apesar de estas funcionalidades estarem presentes no AprendeComigo, algumas delas originaram bastantes problemas na sua implementação:

- O modelo de introdução de novo conteúdo escolar. Como se pretendia que este auxiliasse na introdução dos elementos, tal obrigou à conceção de sistemas de ajuda que foram algo complexos visto que as fontes consultadas não forneciam os dados de forma clara, tendo sido necessário o desenvolvimento de algoritmos de filtragem dos dados através de expressões regulares.
- A criação de quatro tipos de perguntas de domínio inteiramente textual levou a bastantes análise de modo a que as perguntas geradas fizessem sentido e se assemelhassem a perguntas presentes em livros escolares.

- A conceção da interface das fichas teve que ser alterada várias vezes com o intuito de clarificar o modo de responder às questões para que não se introduzisse dessa forma dificuldades acrescidas pela interface do sistema.
- O armazenamento dos dados estatísticos do aluno tiveram que ser reformulados e aprimorados de modo a recriar gráficos relevantes para o utilizador analisar o nível de aprendizagem do seu tutorando.

Resumidamente, e apesar das dificuldades apresentadas, o AprendeComigo apresenta um sistema tutor inteligente atual e com margem de progressão.

## 6.1 TRABALHO FUTURO

Como em qualquer projeto de tempo limitado, existem sempre funcionalidades que podem ser desenvolvidas ou melhoradas com vista a aprimorar o sistema desenvolvido. Apesar das funcionalidades anteriormente enumeradas serem consideradas a base de um *STI*, no futuro pretende-se:

- Implementar novos tipos de perguntas textuais e adicionar a geração de vários tipos de perguntas de aritmética, perguntas estas que não necessitam da introdução de dados por parte dos utilizadores, mas sim de formas de gerar exercícios interessantes e relevantes para a aprendizagem destes conceitos.
- Desenvolver a comunicação durante a resolução de uma ficha de exercícios, de modo a despertar novas maneiras de pensar por parte dos alunos.
- Adicionar estatísticas mais detalhadas.
- Adicionar perfis de utilização do sistema de modo a que a introdução de material escolar seja dedicada apenas a pessoas envolvidas na área.
- Criar uma área lúdica no sistema, em que os alunos deixam o material escolar de lado e desenvolvem outras capacidades igualmente importantes.
- Permitir a calendarização de fichas com vista a cumprir determinado objetivo.
- Premiar os alunos empenhados, de modo a que se sintam motivados a usar o AprendeComigo.
- Detetar a falta de concentração, desmotivação e frustração por parte do aluno, alterando a estratégia de ensino.

- Permitir ao utilizador adicionar os objetivos do seu tutorando de modo a que o AprendeComigo os utilize na estratégia referente à criação de fichas de exercícios e calendarização das mesmas.
- Notificar o utilizador, via email e redes sociais, de possíveis anomalias na aprendizagem do tutor.
- Gerar, semanalmente ou mensalmente, um relatório de utilização e aprendizagem por parte do aluno.
- Disponibilizar o AprendeComigo *online* e ver o seu comportamento com o decorrer do tempo.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

- J. Breuker. *Artificial Intelligence and Human Learning*. Chapman Hall, 1988.
- Catalin. Buiu. *Artificial intelligence in Education – state of the art and perspectives*. Germany: Fern University: Institute for Research into Distance Education, 1999.
- G.H.B. Campos. *Avaliação da Qualidade de Software Educacional*. IEEE Transactions on Man-Machine systems, 1970.
- S. Douglas. *Detecting and Repairing Tutoring Failures*. Third CeRCLe Workshop on Teaching Knowledge and Intelligent Tutoring, 1988.
- Dieter Fensel. *Ontologies*. 2004.
- J.G. Greeno. *Cognition and Learning*. Handbook of educational psychology, 1994.
- D.H. Jonassen. *The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems*. Journal of Educational Technology Systems, 1993.
- Vladimir I. Levenshtein. *Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals*. Soviet Physics Doklady, 1966.
- G. I. McCalla. *The Central Importance of Student Modelling to Intelligent Tutoring*. New Directions for Intelligent Tutoring Systems, 1992.
- G. I. McTaggart. *Intelligent Tutoring System and Education for the Future*. CI 512X Literature Review, 2001.
- Marvin Minsky. *A Framework for Representing Knowledge*. MIT-AI Laboratory Memo 306, 1974.
- P.D. Mitchell. *Modelling Techniques for Tutoring Systems*. Computers and Education, 1993.
- N. Nilsson. *Logical Foundations of Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann, 1987.
- Michael A. Orey. *Development principles for intelligent tutoring systems: integrating cognitive theory into the development of computer-based instruction*. Educational technology Research and Development, 1993.
- W. Sack. *Re-Writing Cartesian Student Models*. Student Modelling: The Key to Individualized Knowledge- Based Instruction, 1994.

- J. Valerie Shute. *Intelligent Tutoring Systems: Past, Present, and Future*. Armstrong Laboratory, 1994.
- B.F. Skinner. *Teaching Machines*. Science, 1958.
- John F. Sowa. *Conceptual graphs for a database interface*. BM Journal of Research and Development, 1976.
- John F. Sowa. *Principles of Semantic Networks*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1991.
- L. Maite Urretavizcaya. *Sistemas Inteligentes em el âmbito de la educación*. Revista Iberoamericana de Inteligência Artificial, 2001.
- R. Vicari. *Um Tutor Inteligente para a programação em Lógica - Idealização, Projeto e Desenvolvimento*. Universidade de Coimbra, 1990.

