



Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria



# TENDÊNCIAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO NO PERÍODO DE 2017 A 2030

Brasília  
2018



**TENDÊNCIAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
NA EDUCAÇÃO NO PERÍODO DE 2017 A 2030**

ROSA MARIA VICARI

**CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente

**Diretoria de Educação e Tecnologia - DIRET**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor de Educação e Tecnologia

**Serviço Social da Indústria - SESI**

*João Henrique de Almeida Souza*  
Presidente do Conselho Nacional

**SESI – Departamento Nacional**

*Robson Braga de Andrade*  
Diretor

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor-Superintendente

*Marcos Tadeu de Siqueira*  
Diretor de Operações

**Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente do Conselho Nacional

**SENAI – Departamento Nacional**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor-Geral

*Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira*  
Diretor-Adjunto

*Gustavo Leal Sales Filho*  
Diretor de Operações

**Instituto Euvaldo Lodi – IEL**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente do Conselho Superior

**IEL – Núcleo Central**

*Paulo Afonso Ferreira*  
Diretor-Geral

*Paulo Mól Júnior*  
Superintendente



*Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria*

# **TENDÊNCIAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO NO PERÍODO DE 2017 A 2030**

ROSA MARIA VICARI

Brasília  
2018

© 2018. SENAI – Departamento Nacional

© 2018. SESI – Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SENAI/DN

Unidade de Estudos e Prospecção – UNIEPRO

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

S491t

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Nacional.

Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030 / Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Serviço Social da Indústria, Rosa Maria Vicari. Brasília : SENAI, 2018  
174 p.: il.

ISBN 978-85-505-0303-5

1. Educação 2. Inteligência Artificial I. Título

CDU: 371.13

---

SENAI

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
Departamento Nacional

**Sede**

Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen  
70040-903 – Brasília-DF

Tel.: (61) 3317-9000

Fax: (61) 3317-9994

<http://www.portaldaindustria.com.br/senai/>

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

[sac@cni.org.br](mailto:sac@cni.org.br)

# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS CATEGORIAS PESQUISADAS .....	25
FIGURA 2 – LEVANTAMENTO COMPLETO DOS REGISTROS DA BASE USTPO .....	30
FIGURA 3 – EVOLUÇÃO DOS REGISTROS BASE USTPO .....	32
FIGURA 4 – LEVANTAMENTO DA BASE EPO EM TODA A BASE DE REGISTROS.....	34
FIGURA 5 – EVOLUÇÃO DAS PATENTES EPO .....	35
FIGURA 6 – EVOLUÇÃO DAS BUSCA BASE CIPO – CANADÁ .....	36
FIGURA 7 – LEVANTAMENTO DA BASE SCOPUS REFERENTE AOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS .38	
FIGURA 8 – LEVANTAMENTO DA BASE WOS REFERENTE AOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS.....	39
FIGURA 9 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA O TERMO <i>INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS (ITSS)</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À <i>WEB OF SCIENCE (WOS)</i> .....	42
FIGURA 10 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA OS TERMOS <i>EDUCATION E ARTIFICIAL INTELLIGENCE</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	43
FIGURA 11 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA O TERMO <i>EDUCATION AND NATURAL LANGUAGE PROCESSING</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	44
FIGURA 12 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA O TERMO <i>SERIOUS GAMES</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	45
FIGURA 13 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA OS TERMOS <i>GAME-BASED E LEARNING SIMULTANEAMENTE</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	45
FIGURA 14 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA O TERMO <i>MOOCS</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	46
FIGURA 15 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA OS TERMOS <i>AFFECTIVE E INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS SIMULTANEAMENTE</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	47
FIGURA 16 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA O TERMO <i>COLLABORATIVE LEARNING</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	48
FIGURA 17 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA O TERMO <i>ROBOTICS AND EDUCATION</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	49
FIGURA 18 – PUBLICAÇÕES POR PAÍS PARA O TERMO <i>ROBOTICS AND EDUCATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE</i> , O CÍRCULO EXTERNO É RELATIVO À BASE SCOPUS E O INTERNO À WOS.....	50
FIGURA 19 – GRÁFICO COM A EVOLUÇÃO DA BASE SCOPUS NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS .....	51
FIGURA 20 – GRÁFICO COM A EVOLUÇÃO DA BASE WOS NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS .....	51

FIGURA 21 – TOTAL DE RESULTADOS PARA CADA TERMO DE BUSCA NA BASE INTERNACIONAL DE TESES E DISSERTAÇÕES.....	53
FIGURA 22 – GRÁFICO COM A EVOLUÇÃO DA BASE NDLTD NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS .....	54
FIGURA 23 – <i>ROADMAP</i> TECNOLÓGICO: PROSPECÇÃO DAS TENDÊNCIAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO ATÉ 2030.....	66
FIGURA 24 – ECOSISTEMAS DIGITAIS.....	87
FIGURA 25 – ROBÔ NAO .....	108
FIGURA 26 – EXEMPLO DE ROBOCUP.....	110
FIGURA 27 – NAO EM SALA DE AULA .....	111
FIGURA 28 – INTERFACE DO SISTEMA MIKA-MATHIA.....	117
FIGURA 29 – INTERFACE DO ENSKILL.....	119
FIGURA 30 – SISTEMA THINKSTER MATH/TABTOR.....	122
FIGURA 31 – GRUPOS DE PESQUISA EM TUTORES INTELIGENTES POR ESTADO.....	131
FIGURA 32 – GRUPOS DE PESQUISA EM MOOCS POR ESTADO .....	132
FIGURA 33 – GRUPOS DE PESQUISA EM ROBÓTICA POR ESTADO .....	132

# LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS PARA BUSCA NAS BASES USTPO .....	30
TABELA 2 – PATENTES SOLICITADAS SEGUNDO A BASE USTPO (ACESSO EM ABRIL 2017)33	
TABELA 3 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS PARA BUSCA NAS BASES EPO.....	34
TABELA 4 – PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS PARA BUSCA NA BASE SCOPUS E WOS .....	37
TABELA 5 – EVOLUÇÃO DA BASE SCOPUS NOS ÚLTIMOS ANOS (CONSULTA REALIZADA EM ABRIL DE 2017).....	39
TABELA 6 – EVOLUÇÃO DA BASE WOS NOS ÚLTIMOS ANOS (CONSULTA REALIZADA EM MAIO DE 2017).....	40
TABELA 7 – BASE DE TESTES E DISSERTAÇÕES .....	52
TABELA 8 – EVOLUÇÃO DA BASE NDLTD NOS ÚLTIMOS ANOS .....	54
TABELA 9 – CUSTOS DA GOOGLE API CLOUD NATURAL LANGUAGE .....	146

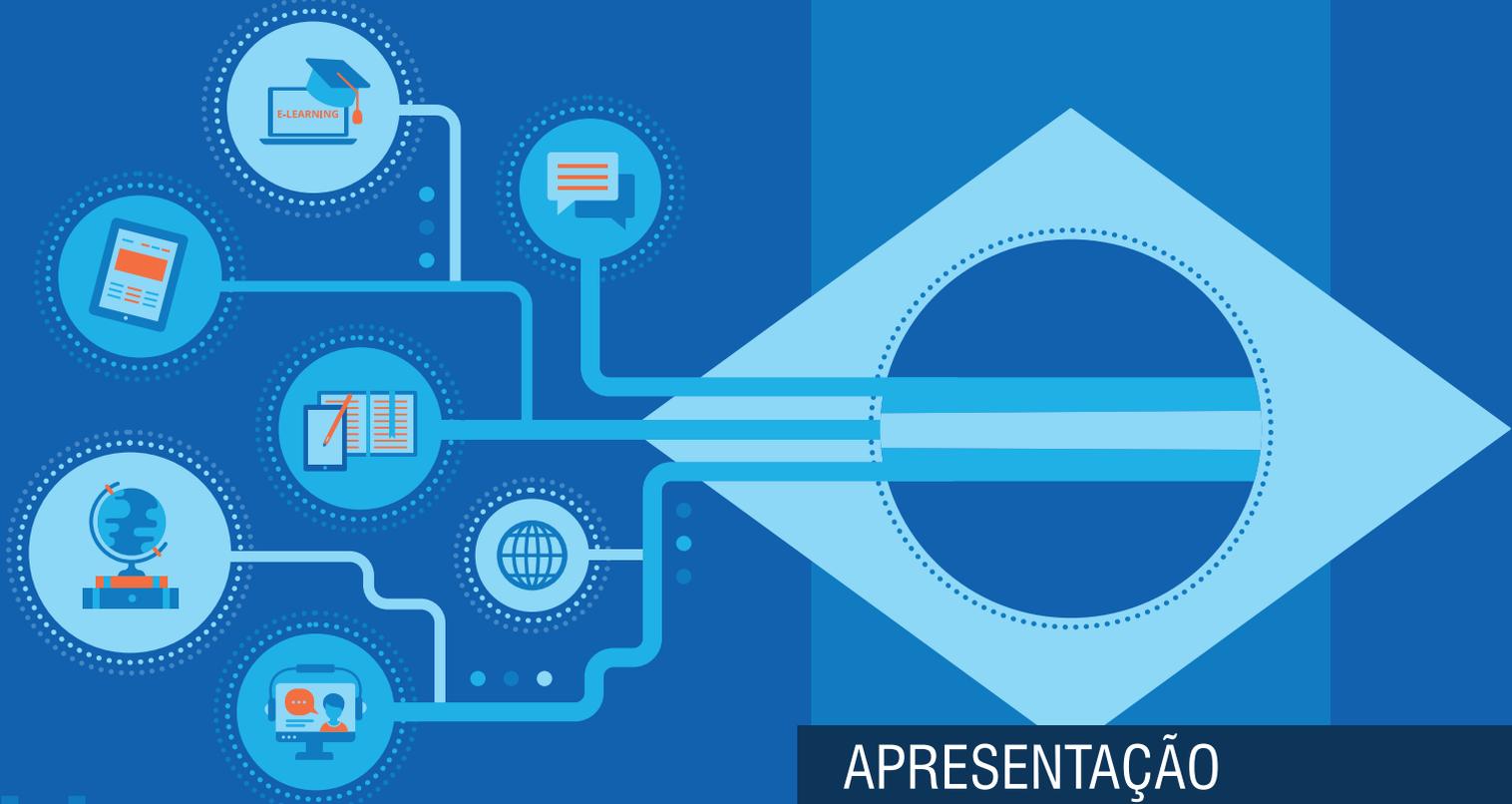
# LISTA DE SIGLAS

AVA – Ambientes Virtuais de Aprendizagem  
API – *Application Programming Interface*  
CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa  
Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CIPO – Canadian Intellectual Property Office  
CPE – Convenção sobre a Patente Europeia  
DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency  
EAD – Ensino a Distância  
EDSA – European Data Science Academy  
EUA – Estados Unidos da América  
EUIPO – European Union Intellectual Property Office  
EPO – *European Patent Office*  
IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*  
IA – Inteligência Artificial  
IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia  
Inpi – Instituto Nacional de Propriedade Industrial  
ITS – *Intelligent Tutoring Systems*  
LMS – *Learning Management Systems*  
MOOCs – *Massive Online Open Courses*  
NDLTD – *Networked Digital Library of Thesis and Dissertations*  
SGI – *Serious Games Institute*  
SSI – Interpretação de Sinal Social  
W3C – *World Wide Web Consortium*  
OCC – *Ortony, Clore and Collins*  
PLN – Processamento de Linguagem Natural  
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento  
STI – Sistemas Tutores Inteligentes  
TR – Termo de Referência  
USPTO – *United States Patent and Trademark Office*  
UTC – *Université Thecnologic de Compiègne*  
Ufal – Universidade Federal de Alagoas  
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
USP – Universidade de São Paulo São Carlos  
Unisinos – Universidade do Vale do Rio dos Sinos  
XML – *eXtensible Markup Language*  
WEF – *World Economic Forum*  
Wi-Fi – *Wireless Fidelity*  
WWW – *World Wide Web*

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 Justificativa .....	14
1.2 Objetivo.....	17
1.3 Inteligência Artificial aplicada à Educação .....	18
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>21</b>
2.1 Revisão bibliográfica e de patentes.....	21
2.1.1 Localização e seleção dos documentos-alvo do estudo .....	22
2.1.2 Seleção das palavras-chave .....	23
2.1.3 Bases de dados analisadas .....	26
2.1.4 Coleta dos dados .....	28
<b>3 RESULTADO DAS BUSCAS</b> .....	<b>29</b>
3.1 Resultados das buscas nas bases de patentes .....	29
3.1.1 Resultados para a base USTPO (patentes EUA).....	29
3.1.2 Resultados para a base EPO (patentes Europa).....	34
3.1.3 Resultados para a base CIPO (patentes do Canadá) .....	36
3.1.4 Resultados para a base Inpi (patentes do Brasil).....	36
3.2 Resultados das buscas nas bases de artigos científicos Scopus e <i>Web of Science</i> (WOS) ..	37
3.2.1 Distribuição das publicações das bases Scopus e WOS por países .....	41
3.2.2 Evolução geral das publicações das bases Scopus e WOS (2014 a 2016) .....	50
3.3 Resultados das buscas na base de teses e dissertações (NDLTD).....	52
<b>4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS</b> .....	<b>57</b>
4.1 Análise e interpretação dos dados das bases de patentes .....	59
4.2 Análise e interpretação dos dados das bases de artigos científicos .....	61
4.3 Análise e interpretação dos dados das bases de teses e dissertações.....	63
<b>5 ROADMAP TECNOLÓGICO: PROSPECÇÃO</b> .....	<b>65</b>
5.1 Estágio atual: 2017 .....	72
5.2 Curto prazo: 2017 a 2020.....	76
5.3 Médio prazo: 2020 a 2030.....	85
<b>6 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS</b> .....	<b>89</b>
6.1 Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) .....	89
6.2 <i>Massive Online Open Courses</i> (MOOCs).....	95
6.2.1 <i>Big Data</i> e <i>Data Analytics</i> .....	99
6.2.2 Exemplos de plataformas para MOOCs .....	102
6.3 Robótica Inteligente Educacional .....	105

<b>7 PAÍSES, CENTROS DE PESQUISA E EMPRESAS</b> .....	<b>113</b>
<b>7.1 Universidades e empresas internacionais na área de Sistemas Tutores Inteligentes e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos</b> .....	<b>115</b>
7.1.1 Universidades e empresas dos Estados Unidos.....	115
7.1.2 Universidades e empresas do Canadá.....	123
7.1.3 Universidades mexicanas .....	125
<b>7.2 Universidades na área de Jogos Educacionais e Jogos Sérios</b> .....	<b>126</b>
<b>7.3 Universidades na área de <i>Massive Online Open Courses</i></b> .....	<b>127</b>
7.3.1 Massachusetts Institute of Technology (MIT).....	127
7.3.2 Universidade Carlos III .....	128
7.3.3 European Data Science Academy (EDSA) .....	128
<b>7.4 Grupos de pesquisa no Brasil</b> .....	<b>129</b>
<b>8 PRODUTOS QUE APRESENTAM TENDÊNCIA PARA A IA NA EDUCAÇÃO</b> .....	<b>135</b>
<b>8.1 Google</b> .....	<b>136</b>
<b>8.2 MasteryConnect</b> .....	<b>137</b>
<b>8.3 Tecnologias e produtos da área de Afetividade/Emoções</b> .....	<b>139</b>
8.3.1 Vokaturi.....	139
8.3.2 EmoVoice.....	140
<b>8.4 Tecnologias e produtos da área de emoções e excreções faciais</b> .....	<b>141</b>
8.4.1 Emotion API.....	141
8.4.2 Afectiva .....	142
8.4.3 nViso .....	142
8.4.4 Kairos.....	143
<b>8.5 Tecnologias e produtos da área de Processamento de Linguagem Natural (PLN)</b> .....	<b>144</b>
8.5.1 API Cloud Natural Language.....	145
8.5.2 <i>Google Home</i> .....	147
8.5.3 <i>Watson</i> – IBM.....	147
8.5.4 Produtos e tecnologias da empresa Nuance na área de PLN .....	151
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>153</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>161</b>
<b>APÊNDICE I</b> .....	<b>169</b>



## APRESENTAÇÃO

Vivemos em uma época de crescimento e transformações exponenciais e estamos no limiar de uma 4ª revolução industrial. Nesse cenário, já são observadas transformações significativas nas diferentes ocupações. As mudanças tecnológicas têm promovido o declínio das atividades manuais e rotineiras e o aumento daquelas que exigem, por um lado, maior abstração para lidar com problemas complexos e, por outro, mais sensibilidade para trabalhar de forma colaborativa e criativa.

O fato é que a lógica do mundo do trabalho contemporâneo está pautada em novos pilares que desafiam a estrutura atual do nosso sistema escolar. Nessa perspectiva, a escola precisa abraçar as novas tecnologias e desenvolver metodologias que favoreçam o desenvolvimento de conhecimentos e competências que preparem crianças e jovens para lidar com os desafios que o futuro aponta.

É nesse contexto que se insere a iniciativa do Sistema Indústria em realizar o presente estudo prospectivo, que teve como objetivo identificar as tendências mundiais em tecnologias baseadas em Inteligência Artificial para a Educação no período de 2017 a 2030.

O levantamento constatou que parte significativa da produção científica atual em Inteligência Artificial está relacionada com o tema da Educação, o que indica forte presença da Inteligência Artificial nos sistemas educacionais e, conseqüentemente, um grande impacto nos processos de ensino-aprendizagem no curto e no médio prazo. A reformulação da sala de aula por meio das novas tecnologias pode ser um importante passo para a formação de pessoas mais alinhadas com as exigências do século XXI, sendo um motor essencial para a competitividade da indústria brasileira.

**Robson de Andrade**

Presidente da Confederação Nacional da Indústria





## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o avanço da capacidade de processamento dos computadores, a Inteligência Artificial (IA) tem sido utilizada em diversos campos, tendo como principal objetivo dotar de inteligência as máquinas. Sua origem, em 1956, já veio com um caráter multidisciplinar e congregou áreas como Filosofia, Psicologia, Lógica, Matemática e a jovem Ciência da Computação. Recentemente, a IA tem sofrido influências de novas áreas, como Biologia, Neurociências, entre outras.

O termo Inteligência Artificial foi criado por J. McCarthy, um dos fundadores da área, em 1958. Uma visão mais atual de como entendia a IA pode ser vista em McCarthy (2007) ou, ainda, em Rich e Knight (1994), que a definiram como “o estudo de como fazer computadores realizarem coisas que, atualmente, os humanos fazem melhor”. Do ponto de vista simbólico, pode ser descrita como a arte de se construir programas que se adaptem e aprendam, com a finalidade de prolongar o seu ciclo de vida. Ao longo dos anos, a IA vem crescendo e impactando o campo da Educação.

O objetivo do presente estudo é realizar uma prospecção com vista a identificar e descrever as tendências mundiais em tecnologias baseadas em IA para a Educação no período de 2017 a 2030.

## 1.1 Justificativa

No campo da Educação, a IA tem sido utilizada, prioritariamente, em Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) ou *Intelligent Tutoring Systems* (ITSs) com o objetivo de ampliar o acesso ao conhecimento, bem como favorecer a personalização do processo de ensino-aprendizagem. O surgimento dessas ferramentas é resultado do interesse dos pesquisadores em entender e simular, cada vez mais, o processo de ensino-aprendizagem para melhorar a qualidade do ensino, de forma que seja possível alcançar melhores níveis de proficiência.

A importância dos STIs aumentou rapidamente nas últimas décadas. Tem havido um grande crescimento do número de usuários, assim como do desenvolvimento tecnológico desses ambientes educacionais computacionais, o que os torna mais sofisticados. A popularização se deve, principalmente, à internet. Os STIs vêm usando elementos de adaptabilidade para acomodar a maior quantidade possível de usuários. Eles servem tanto como um suporte para aulas presenciais quanto como o principal ambiente educacional para os alunos na modalidade a distância (*e-learning*) ou ensino flexível.

Os *cognitive tutors* (tutores cognitivos, ou seja, baseados em conhecimento), por exemplo, são STIs que usam *softwares* que imitam o papel de um professor humano, oferecendo dicas quando um estudante está com dificuldade em algum tópico, por exemplo, em um problema de matemática. Com base na pista solicitada a partir da resposta fornecida pelo aluno, o “tutor” artificial oferece um *feedback* específico, de acordo com o conteúdo da dúvida.

Além dos STIs que têm sua origem vinculada à IA, sistemas típicos da chamada educação flexível, como *Learning Management Systems* (LMS) e *Massive Online Open Courses* (MOOCs), têm ocupado espaço no cenário educacional. A principal diferença entre eles está no fato de que os MOOCs estão voltados para grandes grupos de alunos, e os LMS costumam ser utilizados em grupos menores, predominando estratégias de ensino colaborativo. Isto significa que existe interação entre os estudantes e, na maioria dos casos, entre alunos, professores e/ou tutores. Mas tanto os MOOCs quanto os LMS utilizam plataformas virtuais como suporte ao ensino-aprendizagem.

Por outro lado, temos a Robótica Educacional que, também, se apresenta como tendência na aplicação de IA para a Educação. Atualmente, a Robótica Educacional sem o uso de IA é a que mais tem se difundido nas escolas. Já a Robótica Inteligente Educacional tem sido usada, prioritariamente, pelo ensino universitário para ensinar a própria disciplina de Robótica. No entanto, com a crescente automação da indústria, faz-se necessário o estudo e o uso educacional. Indústrias altamente automatizadas serão a realidade dos alunos de hoje quando estiverem no mercado.

Uma questão fundamental da IA na Educação está no objetivo de explicitar e tornar os processos de aprendizagem mais personalizados, isto é, o uso de IA pode ser uma ferramenta importante para abrir a chamada “caixa-preta do aprendizado”, fornecendo um entendimento mais profundo e refinado de como o aprendizado ocorre, tendo em vista um conjunto massivo de dados sobre os alunos, o qual, recentemente, vem sendo tratado com *Big Data*<sup>1</sup> e *Data Analytics*<sup>2</sup>.

Segundo o pesquisador Peter Holt (HOLT; WOOD, 1990), além da IA, outras disciplinas são importantes no desenvolvimento de sistemas educacionais, como a Psicologia e as Ciências Cognitivas, no sentido de se obter um modelo e representar o processo de aprendizagem para auxiliar alunos e professores. Os sistemas captam e armazenam informações sobre os estudantes (conteúdos acessados, participações em fóruns, acertos em exercícios, número de vezes que buscaram tutoria, dúvidas apresentadas, estado emocional frente aos desafios encontrados durante uma tarefa, etc.), gerando o modelo do aluno. Esse modelo é utilizado para personalizar o processo de aprendizagem em STIs e para fornecer itinerários que possibilitem melhor adaptação do conteúdo ao

---

<sup>1</sup> *Big data (análise de grandes volumes de dados oriundos do uso de internet) é um termo para conjuntos de dados que são tão grandes ou complexos que o processamento de dados tradicional é inadequado para lidar com eles. Os desafios incluem captura, armazenamento, análise, coleta de dados, pesquisa, compartilhamento, transferência, visualização, consulta, atualização e privacidade de informações. Neste sentido, Big Data pode ser útil em sistemas de recuperação de informações para o compartilhamento dos grandes números de informações de MOOCs e, ainda, para o armazenamento da quantidade crescente de conteúdos educacionais, como os que estão em nuvens.*

<sup>2</sup> *Data Analytics é uma junção de técnicas de Data Mining com técnicas estatísticas de predição. Refere-se a técnicas e processos qualitativos e quantitativos utilizados para aumentar a produtividade e o ganho comercial. Os dados são extraídos e categorizados para analisar e identificar padrões e dados comportamentais.*

nível de conhecimento do indivíduo. A capacidade de os sistemas de IA de se adaptarem vai além dos sistemas educacionais. Por exemplo, a adaptação dos sistemas ao contexto é uma das três áreas de interesse da DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) para a IA nos próximos anos.

Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), *Learning Management Systems* (LMSs) e *Massive Online Open Courses* (MOOCs) são excelentes ferramentas de suporte para os educadores. Cada uma dessas modalidades oferece diferentes facilidades aos alunos, aos professores e às escolas.

Os MOOCs aparecem nesse cenário como aliados e facilitadores tanto no sentido da coleta de dados para construção do perfil do aluno quanto no aprendizado em si, normalmente voltado ao ensino superior. É uma modalidade de ensino *on-line* aberta e massiva. Muitos cursos são gratuitos e não têm pré-requisitos de escolaridade para participação. Os MOOCs, bem como os LMSs, permitem estudar onde e quando quiser e, em muitos casos, serem avaliados de forma adaptativa, ou seja, de acordo com suas respostas e ritmo. É importante lembrar que MOOC trata-se de um curso, mas, nesse contexto, estamos considerando também a plataforma que implementa o curso.

Os MOOCs são veículos naturais no levantamento e na instrumentação de grande quantidade de dados. Assim como aconteceu no mundo corporativo com o *Business Intelligence*, a geração maciça de dados advindos da integração de IA, Educação e internet fez surgir a necessidade de compreender e contextualizar esses dados para melhor aproveitar as oportunidades e *insights* por eles potencializados, no contexto educacional. A principal ligação entre os MOOCs e a IA está no campo chamado *Learning Analytics* (LA), que tem demonstrado um crescimento exponencial nos últimos anos e oferecido contribuição para o desenvolvimento de modelos comportamentais dos alunos com base no seu desempenho no curso, tanto individual quanto, coletivo. *Learning Analytics* já vem sendo introduzido também em LMSs e em STIs com a mesma finalidade.

De forma geral, as escolas e universidades têm sido lentas na adoção de tecnologias de IA devido, principalmente, à necessidade de alto

investimento e à falta de evidência sólida de que elas, realmente, ajudam os alunos a alcançar os objetivos de aprendizagem com maior efetividade. No entanto especialistas antecipam que, nos próximos 15 anos, provavelmente, o uso de sistemas educacionais que incorporam tecnologias da IA para ajudar alunos e professores vão se expandir significativamente. Além disso, tende a acontecer uma integração entre tecnologias da IA, da Computação (Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Internet das Coisas, entre outras) e de metodologias educacionais que são baseadas em tecnologias com os *Fab Labs*<sup>3</sup> e a sala de aula invertida<sup>4</sup>.

## 1.2 Objetivo

O principal objetivo deste estudo prospectivo é identificar e descrever as tendências mundiais em tecnologias baseadas em Inteligência Artificial para o campo da Educação no período de 2017 a 2030. Deste objetivo geral, desdobram-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificação do estado da arte e das tendências das tecnologias baseadas em IA para o campo da Educação. Para tal, serão consideradas tecnologias que se encontram em fase de prototipagem ou em fase de pré-comercialização. Serão consideradas, ainda, tecnologias que foram recentemente introduzidas no mercado, mas que, ainda, possuem um grau de difusão (compra e uso) baixo no mercado mundial e no brasileiro. De forma geral, são tecnologias com potencialidade de comercialização até 2030. Além da identificação das novas tecnologias e da descrição das fontes (artigos, patentes, entrevista com fornecedores, revistas especializadas, feiras tecnológicas, anais de congressos) e metodologias da pesquisa prospectiva (rotas tecnológicas, consulta a especialistas), o estudo também apresenta:
  - Descrição/caracterização de cada tecnologia identificada, apresentando individualmente suas características, funciona-

<sup>3</sup> Os *Fab Lab's* são laboratórios de criatividade, aprendizado e inovação acessível a todos os interessados em criar, desenvolver e construir projetos através de processos colaborativos de criação, compartilhamento do conhecimento e do uso de ferramentas de fabricação digital.

<sup>4</sup> Metodologia de ensino-aprendizagem na qual os alunos estudam previamente o conteúdo que será abordado em aula e, durante o encontro presencial, discutem o assunto com colegas e professor.

lidades, objetivos, aplicações, vantagens relativas frente às tecnologias atuais e fatores que facilitarão e dificultarão a difusão de tais tecnologias no mercado internacional e brasileiro.

- Identificação e caracterização dos principais usuários dessas tecnologias.
- Identificação dos principais centros de pesquisa/educação no mundo onde já estão utilizando essas tecnologias e seus modos de uso, bem como as características e aplicações de *Big Data* envolvidas.

### 1.3 Inteligência Artificial aplicada à Educação

A IA aplicada à Educação é uma área de pesquisa multi e interdisciplinar, pois contempla o uso de tecnologias da IA em sistemas cujo objetivo é o ensino e a aprendizagem. Dessa forma, sistemas educacionais são um campo de aplicação e testes para as tecnologias da IA.

As principais áreas educacionais que se utilizam dessas tecnologias são os STIs, os Jogos Sérios, os Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, os LMSs, a Robótica Inteligente Educacional e os MOOCs. Cada uma destas aplicações, no entanto, faz uso de tecnologias da IA de formas distintas. Os STIs, os LMSs, os MOOCs e a Robótica Inteligente Educacional são áreas-alvo deste trabalho, portanto serão estudadas com maior detalhe.

No momento atual (2017), o uso de tecnologias na escola está vinculado diretamente a três diferentes realidades tecnológicas que, juntas, mudaram o perfil do uso das tecnologias educacionais: redes sem fio (internet *Wi-Fi*), tecnologias móveis (celular e *tablet*) e armazenamento de conteúdos em nuvens. Nenhuma delas é a IA, mas todas a influenciam e são responsáveis pelo surgimento de novas tecnologias da IA, como *Learning Analytics* e *Big Data*, pelo forte “ressurgimento” da *Data Mining*<sup>5</sup>, pela possibilidade do treinamento de Algoritmos de Aprendizagem de Máquina com grandes quantidades de dados, etc.

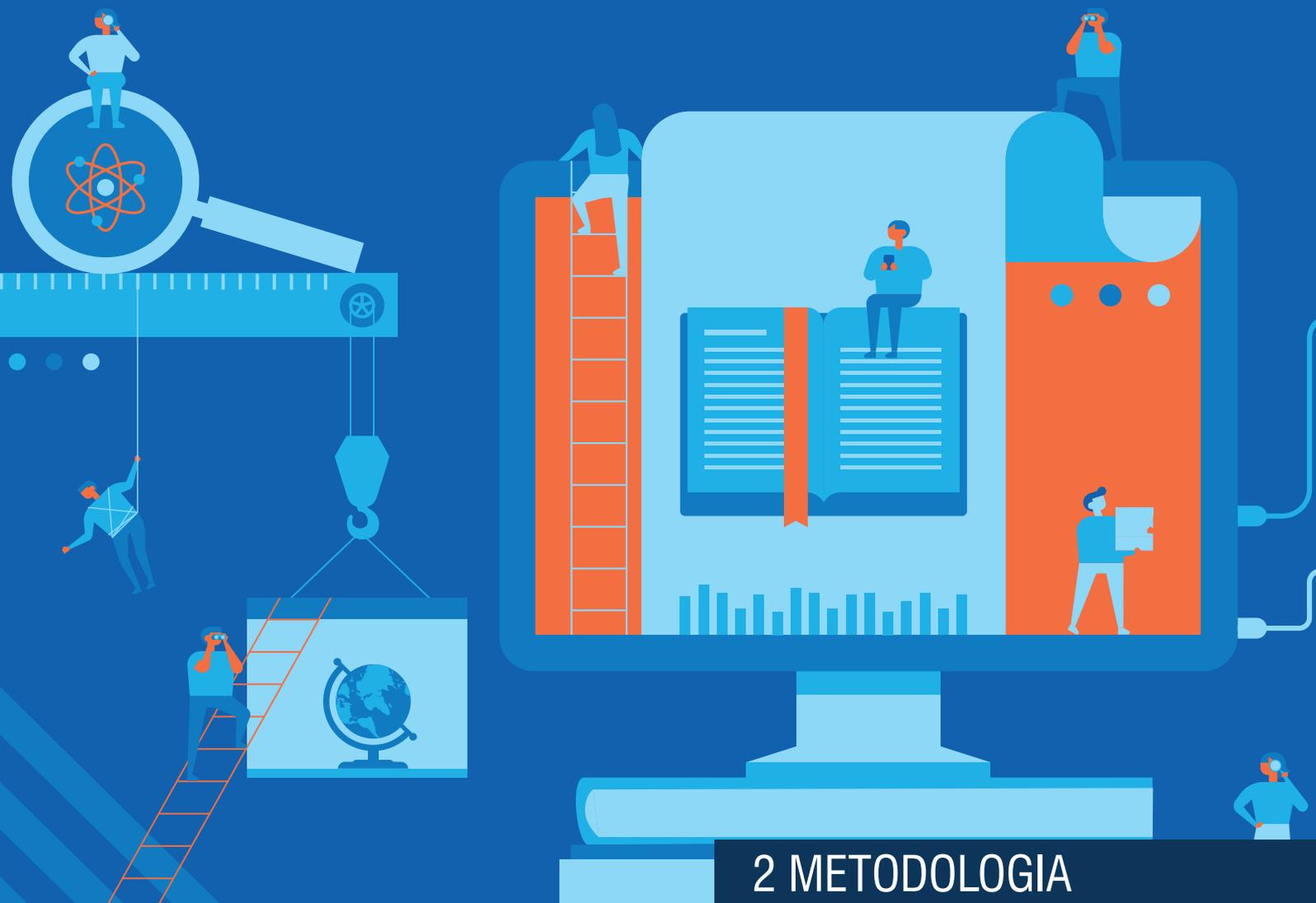
<sup>5</sup> *Data Mining* ou mineração de dados é o processo computacional de descobrir padrões em grandes conjuntos de dados envolvendo métodos na intersecção de Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquina, estatísticas e sistemas de banco de dados. É um subcampo interdisciplinar de Ciência da Computação. Uma das maiores aplicações de *Data Mining* é a Educação.

Atualmente, é impossível pensar em sistemas educacionais desvinculados dessas tecnologias. Elas mudaram o panorama do *software* e do conteúdo educacional. Ainda, tornam possível o compartilhamento de grandes bases de conteúdos e de dados através do uso de buscadores inteligentes. Ou seja, muito se tem feito em termos de tecnologias para recuperar, reutilizar e processar informações e conhecimentos através de bancos de dados no-SQ, ou de mecanismos da *Web Semântica*<sup>6</sup>, que, ainda, não são uma realidade de uso comum, mas que poderão ser em um futuro próximo.

---

<sup>6</sup> O termo *Web Semântica* foi criado por Tim Berners-Lee, o inventor da *World Wide Web* e diretor do *World Wide Web Consortium (W3C)*, que supervisiona o desenvolvimento de padrões propostos para a *Web Semântica*. Ele a define como “uma rede de dados que podem ser processados direta e indiretamente por máquinas”.





## 2 METODOLOGIA

Para se realizar estudos prospectivos é possível seguir dois caminhos: o da quebra de paradigmas, também chamado de visão distópica (como aconteceu já várias vezes na história da Computação e da Tecnologia), ou o de tendência, que indica para onde os dados sobre pesquisas e patentes estão apontando. No presente trabalho, a opção foi pelo segundo caminho metodológico, identificando tendências por meio de uma revisão sistemática de literatura e das bases de patentes que serviram de fonte para o estudo prospectivo. Vale destacar que, como a área de IA aplicada à Educação é um campo multidisciplinar, também coube analisar outras áreas da Computação que estavam inter-relacionadas.

21

### 2.1 Revisão bibliográfica e de patentes

Para a revisão bibliográfica e a pesquisa em bases de patentes foram utilizadas as cinco primeiras etapas metodológicas das sete recomendadas por Cochrane (2017):

- 1) Localização e seleção dos documentos-alvo do estudo.
- 2) Coleta de dados.
- 3) Análise e apresentação dos dados.

- 4) Interpretação dos dados.
- 5) Avaliação crítica dos resultados-alvo do estudo.

As duas últimas etapas, dentre as sete da metodologia propostas por Cochrane (2017), não foram utilizadas, pois tratam da necessidade contínua da atualização da revisão bibliográfica durante trabalhos de prazo mais longo.

Para a segunda etapa desta pesquisa, a da prospecção tecnológica, foi utilizada a metodologia de *Roadmap* tecnológico. Trata-se de uma técnica utilizada para o gerenciamento e planejamento tecnológico, especialmente para explorar e comunicar interações dinâmicas entre recursos, objetivos organizacionais e mudanças no ambiente (BORSCHIVER, 2014). Segundo Kappel (2001), os *Roadmaps* tecnológicos estão sendo cada vez mais adotados para o gerenciamento do futuro das tecnologias, sendo caracterizados por prever o que é possível ou provável de acontecer e também por planejar a articulação da ação. Foram desenvolvidos para diversos tipos de público e especificidades. Assim, *Roadmaps* ajudam a focar o planejamento de uma empresa no futuro e fornecer informações consistentes para apoiar a tomada de decisões.

### **2.1.1 Localização e seleção dos documentos-alvo do estudo**

Para realização desta etapa, selecionamos quatro bases de patentes: United States Patent and Trademark Office (USTPO), dos Estados Unidos da América (EUA); European Patent Office (EPO), da União Europeia (UE); Canadian Intellectual Property Office (CIPO), do Canadá; e Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi), do Brasil. Duas bases internacionais de artigos científicos: a Scopus e a *Web of Science* (WOS). Uma base internacional de teses e dissertações, a *Networked Digital Library of Thesis and Dissertations* (NDLTD), que inclui o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), do Brasil. Também analisamos anais e apresentações de pesquisadores em congressos internacionais de IA e, de forma complementar, consultamos encartes sobre tecnologia em jornais populares e *sites* especializados em prospecção de tecnologia, como o da fundação Horizon e das empresas Samsung, Google e IBM.

## 2.1.2 Seleção das palavras-chave

Para realizar as buscas nas bases de dados, selecionamos um conjunto de palavras-chave. A seleção foi feita com base em conferências e periódicos relevantes para as áreas desta pesquisa, de acordo com a classificação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), as quais: *Computer and Education* (classificação A na Capes), *Artificial Intelligence and Education* (classificação B2 na Capes) e o congresso *Intelligent Tutoring Systems* (classificação B1 na Capes).

A partir da análise qualitativa das publicações nesses veículos, foram definidas as palavras-chave para a busca da seguinte maneira: foram listadas todas as publicações dos três veículos nos últimos três anos e foi realizada uma análise que permitiu verificar as palavras-chave mais utilizadas para classificar os artigos. Os termos utilizados pelos autores eram bem variados, mesmo assim foi possível constatar a predominância daqueles que serão utilizados nesta pesquisa. As palavras-chave mais recorrentes ou convergentes foram:

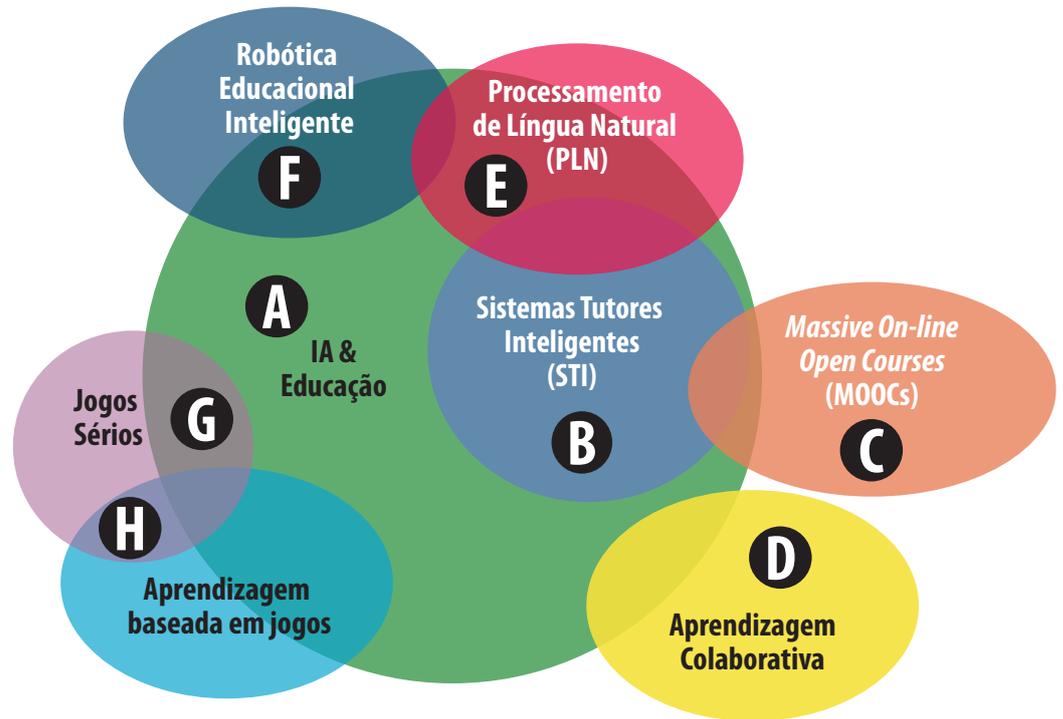
- ***Education AND Artificial Intelligence***: Inteligência Artificial aplicada à Educação é uma chave interdisciplinar. O foco desta pesquisa está no uso da IA em sistemas de ensino e a aprendizagem.
- ***Intelligent Tutoring Systems (ITSs)***: sistemas de ensino-aprendizagem inteligentes cuja principal característica é o ensino personalizado.
- ***Affective Intelligent Tutoring Systems (uma evolução de ITSs)***: sistemas que reconhecem as emoções dos alunos ou geram emoções para o tutor interagir de forma afetiva com eles.
- ***Education AND Natural Language Processing***: Processamento de Linguagem Natural (PLN) contempla a geração e compreensão automática de línguas humanas naturais. O PLN na Educação trata, basicamente, da aplicação do PLN em interfaces educacionais, que, entre outras funcionalidades, permite a tradução simultânea.
- ***Collaborative Learning***: a aprendizagem colaborativa é um termo da área de Educação, que surge da necessidade de inserir metodologias interativas entre alunos, ou entre alunos e professores.

- **Game-based AND Learning:** engloba, além de jogos, técnicas motivacionais de *videogames* (*gamification*) voltadas ao ensino. No geral, não utilizam IA.
- **Serious Games (uma evolução de Game-based Learning):** jogos eletrônicos que têm como principal objetivo treinar pessoas. Uma parte desses jogos possui propósitos educacionais e utilizam IA.
- **MOOCs:** é a sigla em inglês para *Massive Online Open Courses* (MOOCs), ou seja, Cursos *On-line* Abertos cujo objetivo é atingir um grande público.
- **Robotics Intelligent AND Education:** a Robótica Inteligente Educacional recupera, principalmente, robôs e suas plataformas de programação que podem ser utilizados na Educação.

Na utilização dessas palavras-chave, existe uma dificuldade extra com o termo *collaborative learning*, pois ele indexa tanto artigos quanto teses e dissertações de outras áreas que não a Computação, como Educação e Psicologia. Buscando evitar a abrangência de áreas que não são foco de nossa pesquisa, realizamos consultas cruzadas para especificar as ocorrências e selecionar apenas aquelas que dialogam com este estudo.

Devido à diversidade de palavras-chave, os resultados encontrados para cada uma foram agrupados de acordo com o termo mais específico, visando à granularidade. Por exemplo, se, em um mesmo documento, a indexação contiver as palavras-chave *Education AND Artificial Intelligence* e *Intelligent Tutor System*, o texto será classificado na categoria *Intelligent Tutor System*, pois é uma classificação mais específica. A seguir, a figura 1 traz a representação gráfica da utilização das palavras-chave que demarcam as categorias de análise deste estudo.

Figura 1 – Representação gráfica das categorias pesquisadas



Fonte: elaboração própria.

De acordo com a figura 1, o ponto **A** representa os textos (artigos e teses/ dissertações) classificados em **Inteligência Artificial e Educação**, que tratam do tema de forma genérica. O ponto **B** inclui todos os textos cujo foco é **STIs**, que, obviamente, é uma parte da pesquisa realizada em IA e Educação, mas que tratavam especificamente e de forma detalhada os STIs. Parte dos textos sobre esta categoria faz intersecção com os pontos **C** e **E** porque alguns arquivos encontrados sobre STIs estão relacionados a **PLN** e **MOOCs**. O ponto **C** engloba todos os textos de **MOOCs**, que utilizam técnicas de IA. Apenas uma pequena parte do ponto **C** fica dentro de IA e Educação, pois nem todos os textos encontrados com essa palavra-chave estavam relacionados com IA. O mesmo acontece com o ponto **D**, que representa os artigos sobre **Aprendizagem Colaborativa**. Esta mesma lógica foi utilizada para definir as demais categorias. Assim, o ponto **E**, **PLN**, no estágio atual, possui intersecção com a Robótica Inteligente Educacional e com os STIs. O ponto **F**, **Robótica Inteligente Educacional**, representa a pequena parte da Robótica que utiliza IA e que é aplicada à Educação. O ponto **G** representa as parcelas dos Jogos Sérios que utilizam IA em seu desenvolvimento. **Jogos Sérios** são uma

evolução de **Aprendizagem baseada em Jogos**, que, em sua maioria, não utiliza IA. Esta intersecção entre Jogos Sérios e Aprendizagem baseada em Jogos é apontada pelo ponto **H**.

### 2.1.3 Bases de dados analisadas

As bases acadêmicas escolhidas foram Scopus, WOS e *Networked Digital Library of Thesis and Dissertations* (NDLTD). O idioma inglês foi utilizado para realização das buscas devido à abrangência e quantidade de informação existentes nas referidas bases de dados.

#### 2.1.3.1 Bases acadêmico-científicas

- A base de dados Scopus

A base Scopus<sup>7</sup> (pertencente à editora Elsevier's) é multidisciplinar, foi criada em 1960 e contém resumos de aproximadamente 27 milhões de artigos, referências e índices da literatura científica, técnica e médica.

- A base de dados WOS

A *ISI Web of Science*<sup>8</sup> é multidisciplinar, com resumos em todas as áreas do conhecimento e cobertura aproximada de 12.000 periódicos. A WOS é a designação comum que é dada a um conjunto de bases de dados de referências compiladas pelo Institute for Scientific Information (ISI). Ela indexa periódicos científicos desde o início do século XX e é atualizada diariamente.

#### 2.1.3.2 A base NDLTD de teses e dissertações

A Biblioteca Digital em Rede de Teses e Dissertações (NDLTD) é uma organização internacional dedicada à promoção da adoção, da criação, do uso, da disseminação e preservação de teses e dissertações eletrônicas. O *site* inclui recursos para administradores universitários, bibliotecários, professores, estudantes e público em geral. O conceito de teses e dissertações eletrônicas surgiu em 1987 em Ann Arbor, Michigan, organizada pela Universidade de Michigan Ann Arbor, com a participação de

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.elsevier.com/americalatina/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://image.slidesharecdn.com/>>. Acesso em: 10 maio. 2017.

representantes da Virginia Tech e de duas pequenas empresas de *software*, a SoftQuad e a Toronto. O projeto tornou-se realidade apenas em 1991, quando o Dean Gary Hooper, da Virginia Tech, o financiou. Hoje se trata de um repositório que indexa bibliotecas de teses e dissertações de várias partes do mundo, incluindo o Brasil.

### 2.1.3.3 Bases de patentes

As bases de patentes selecionadas são United States Patent and Trademark Office (USPTO), um *site* de depósitos de patentes nos Estados Unidos<sup>9</sup>, Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (Inpi) de base brasileira<sup>10</sup>, Canadian Intellectual Property Office (Cipo), de base do Canadá<sup>11</sup> e European Patent Office (EPO)<sup>12</sup>. Os procedimentos metodológicos para a pesquisa nas bases de patentes serão os mesmos descritos para as bases de textos científicos.

- Base de patentes USPTO (EUA)

A USPTO é o Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO ou Office). Trata-se de uma agência do Departamento de Comércio dos EUA. Seu papel é conceder patentes para a proteção de invenções e registro de marcas. Atende aos interesses dos inventores e das empresas em relação às suas invenções, aos produtos corporativos e às identificações de serviços. A USPTO, também, divulga informações sobre patentes e marcas comerciais que promovem a compreensão da proteção da propriedade intelectual e facilita o desenvolvimento e compartilhamento de novas tecnologias em todo o mundo.

- Base de patentes EPO (Europa)

A European Patent Office (EPO) é intergovernamental e foi criada em 1977, com base na Convenção sobre Patentes Europeias. Conta com dois organismos, o Instituto Europeu de Patentes e o Conselho de Administração, e registra patentes válidas sobre países europeus. Recentemente, esta agência tem estabelecido convênios de cooperação com Angola, na

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://www.uspto.gov/>>. Acesso em: 10 maio. 2017.

<sup>10</sup> Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://www.ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/eng/home>>. Acesso em: 10 maio 2017.

<sup>12</sup> Disponível em: <<https://www.epo.org>>. Acesso em: 10 maio 2017.

África, e Argentina, na América Latina. No entanto não encontramos, ainda, registros desses países.

- Base de patentes CIPO (Canadá)

A base de Patentes do Canadá é a Canadian Intellectual Property Office (CIPO) <sup>13</sup>, que faz parte da estrutura de Inovação, Ciência e Desenvolvimento Econômico do governo canadense. O instituto é uma Agência de Operação Especial e é responsável pela administração e pelo processamento da maior parte da propriedade intelectual no Canadá.

- Base de patentes Inpi (Brasil)

Para o Brasil, pesquisamos a base Inpi. Criado em 1970, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, responsável pelo aperfeiçoamento, pela disseminação e pela gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria. Entre os serviços do Inpi, estão os registros de marcas, os desenhos industriais, as indicações geográficas, os programas de computador e topografias de circuitos, as concessões de patentes e as averbações de contratos de franquia e das distintas modalidades de transferência de tecnologia.

Na sequência, focaremos na coleta de dados realizada nas bases apresentadas.

#### 2.1.4 Coleta dos dados

Esta seção apresenta os resultados da coleta de dados realizada para este estudo. Iniciaremos com as bases de patentes, seguidas dos artigos científicos e das teses e dissertações.

Destacamos, sempre que possível, a localização geográfica da produção dos documentos, as datas das divulgações, os temas mais frequentes, a evolução das pesquisas, dentre outros. São apresentados números gerais e números que correspondem aos últimos três anos e parte de 2017 (poderá existir variação nas datas de atualização das bases e nas datas de acesso).

<sup>13</sup> Disponível em: <<http://www.ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/eng/home>>. Acesso em: 20 jun. 2017.



## 3 RESULTADO DAS BUSCAS

### 3.1 Resultados das buscas nas bases de patentes

A seguir são apresentados os resultados para as buscas realizadas com as palavras-chave selecionadas, para esta pesquisa, nas bases de patentes previamente apresentadas.

29

#### 3.1.1 Resultados para a base USPTO (patentes EUA)

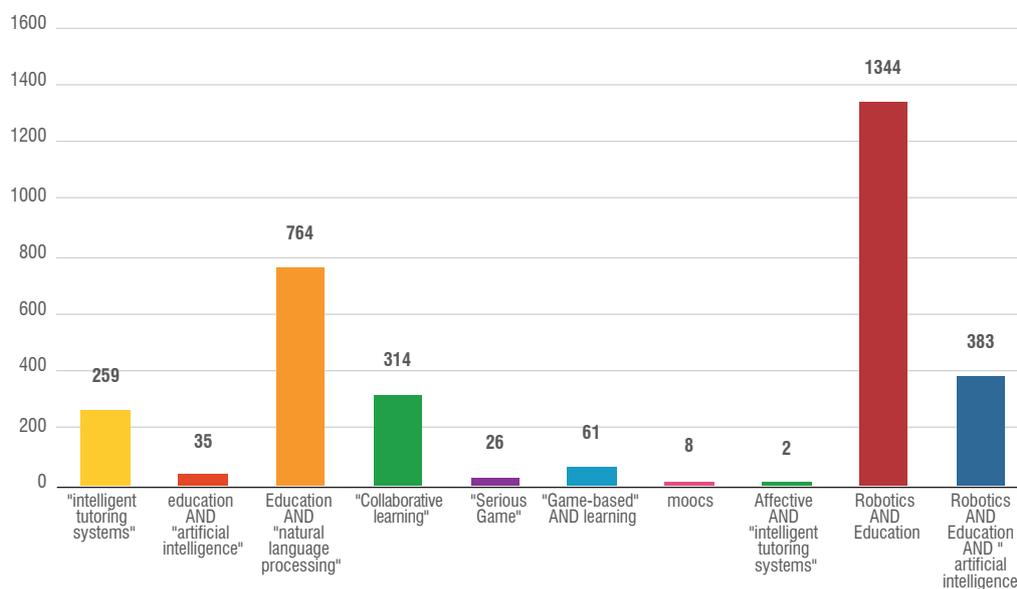
A tabela 1 apresenta os dados das buscas na base USPTO para os últimos três anos. Salientamos que incluímos a palavra-chave *Robotics AND education* apenas para fins de comparação de dados com a palavra-chave *Robotics AND education AND "artificial intelligence"*, que é objeto desta pesquisa. Os registros realizados na base USPTO correspondem às patentes dos EUA, mas também às de outros países, como Japão, Coreia do Sul, dentre outros.

**Tabela 1 – Palavras-chave utilizadas para busca nas bases USTPO**

Palavras-chave	Nº de patentes
<i>intelligent tutoring systems</i>	259
<i>education AND "artificial intelligence"</i>	35
<i>education AND "natural language processing"</i>	764
<i>Collaborative learning</i>	314
<i>Serious Game</i>	26
<i>Game-based AND learning</i>	61
<i>Massive Online Open Courses</i>	8
<i>Affective AND "intelligent tutoring systems"</i>	2
<i>Robotics AND education</i>	1.344
<i>Robotics AND education AND "artificial intelligence"</i>	383

Fonte: elaboração própria.

Os dados encontrados na base USTPO podem ser visualizados graficamente também na figura 2, a seguir:

**Figura 2 – Levantamento completo dos registros da base USTPO**

Fonte: elaboração própria.

É possível verificar que Robótica Educacional (1.344) é o termo com maior número de registros de patentes, mas, se especificarmos a busca para Robótica Inteligente e Educação, o número diminui para 383. Em ambos os casos, o alto número se deve ao registro de robôs (*hardwares*). Na área da Computação, o registro de patentes está vinculado ao *hardware*.

Os produtos de *softwares*, na maioria dos casos, estão protegidos por direito de autor (similar ao que acontece com a propriedade intelectual da autoria de livros). PLN e Educação é a área-foco deste estudo, com maior número de patentes nos últimos três anos (764). PLN é uma das áreas que surgiu com a IA e, embora tenha ficado latente durante vários anos devido às dificuldades de processamento e de tecnologias da IA em geral, ressurgiu com força, nos últimos anos, graças a dois fatores: o poder computacional das máquinas atuais e de produtos e serviços de empresas, como Google (tradução e compreensão de línguas) e IBM (Watson, que será apresentado em detalhes na seção dedicada aos produtos, neste texto), além de diversos *softbots*<sup>14</sup>, *chatbot*/agentes conversacionais<sup>15</sup> e assistentes pessoais<sup>16</sup> que utilizam diferentes tecnologias de PLN. Em seguida, aparece *Collaborative Learning* presente, principalmente, em *LMS* e Jogos Colaborativos (educacionais ou não), com 314 patentes. Após essas três áreas, que são de aplicações diversas em vários tipos de sistemas educacionais, aparecem os *Intelligent Tutors Systems* com 259 patentes. A seguir, temos os *Games-based Learning* com 61 patentes. *Games-based Learning* ou Jogos Educacionais compreendem toda a classe de atividades que incorpora, em seu *design*, características de jogos, como pontuação, recompensa, competição, etc. Na sua maioria, não utilizam IA. Os *Serious Games* ou Jogos Sérios (que são uma classe particular de Jogos Educacionais do ponto de vista de seu desenvolvimento) podem ser considerados uma evolução dos anteriores e aparecem com 26 patentes. Esta categoria é uma das aplicações da IA na Educação. No entanto, na base USTPO, ao analisarmos com detalhe as patentes de Jogos Sérios, constatamos que incluem, em muitos casos, os Jogos de Entretenimento e muitas outras patentes que não estão ligadas ao foco deste trabalho. Ainda, várias patentes de Jogos Sérios estão vinculadas à Realidade Aumentada e à Realidade Virtual e Educação, áreas que também não fazem parte da pesquisa. MOOCs surgem com oito patentes e, por último, a classe específica de *ITSs* – que

---

<sup>14</sup> Um programa de computador que age em nome de um usuário ou de outro programa.

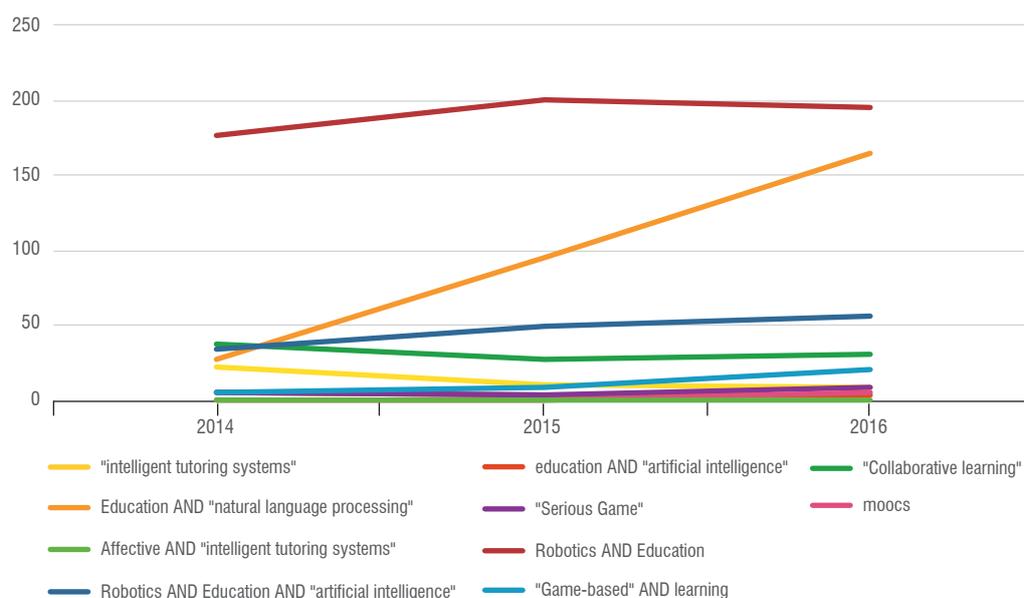
<sup>15</sup> O termo *chatbot* foi proposto em 1994 por Michael Maulding para identificar os programas de computador que permitem a interação (conversa) com usuários humanos por meio de linguagem natural (SHAWAR; ATWELL, 2007, p. 31).

<sup>16</sup> Assistentes Pessoais são uma forma de secretária virtual (e pessoal), que é responsável por responder, localizar informações, organizar agendas, etc.

incorpora, em seu desenvolvimento, características de Afetividade<sup>17</sup> Computacional (detectam e/ou expressam emoções) – aparece com duas patentes. *Intelligent Tutoring Systems and Affectivity* possuem, além do modelo cognitivo, o modelo afetivo do aluno, que será explicado em detalhe na seção sobre STIs.

Na figura 3, fica evidente a evolução das solicitações de registros de patentes em cada palavra-chave. É importante salientar que, para 2017, o acesso foi realizado em abril deste ano. A USTPO congrega registros realizados nos EUA, entretanto, ao examinarmos várias patentes, foi possível constatar que muitos países do mundo também registram nela. Infelizmente, o mecanismo de busca da base não permite a identificação da origem das patentes por país.

**Figura 3 – Evolução dos registros base USTPO**



Fonte: elaboração própria.

Na base USTPO, destacamos as altas para PLN e Educação, sendo que as demais permanecem sem tendências significativas nem para aumento nem para declínio.

<sup>17</sup> Os termos Afetividade e Emoções são usados como sinônimos. Se quisermos ser bem detalhistas, sistemas emocionais são mais especificamente os que somente detectam ou expressam emoções. Já os afetivos podem tratar de qualquer estado afetivo, lembrando que emoção é um tipo específico de estado afetivo. Outros exemplos de estados afetivos são: humor, atitudes, etc.

A tabela 2, a seguir, complementa o entendimento do gráfico 3 a respeito dos dados da USTPO, distribuídos pelos três últimos anos mais 2017 (até o mês de abril).

**Tabela 2 – Patentes solicitadas segundo a base USTPO (acesso em abril 2017)**

USTPO	2014	2015	2016	2017
"intelligent tutoring systems"	22	11	8	4
education AND "artificial intelligence"	6	3	4	2
education AND "natural language processing"	27	95	164	63
"Collaborative learning"	37	28	31	17
"Serious Game"	5	3	8	1
Game-based AND learning	6	8	20	4
Massive Online Open Courses	1	0	6	3
Affective AND "intelligent tutoring systems"	0	0	0	1
Robotics AND Education	176	200	196	99
Robotics AND Education AND "artificial intelligence"	34	50	56	34

Fonte: elaboração própria.

O número de registro de patentes, nos últimos três anos, não mantém a regularidade na distribuição por todas as palavras-chave. De qualquer forma, cabe destacar as patentes em PLN e Educação, Jogos Educacionais e Jogos Sérios, em particular, com crescimento constante. Por outro lado, temos um decréscimo em STIs. É importante frisar também o aparecimento recente de MOOCs e STIs com afetividade. Voltamos a lembrar que o *software* utiliza licenças *Creative Commons*<sup>18</sup>. Salientamos, ainda, a diferença nas buscas por patentes em Robótica Educacional e Robótica Inteligente Educacional. Esta última com números menores.

<sup>18</sup> As licenças e os instrumentos de direito de autor e de direitos conexos da *Creative Commons* seguem conceitos tradicionais, como "todos os direitos reservados", criado pelas respectivas legislações.

### 3.1.2 Resultados para a base EPO (patentes Europa)

Na sequência, a tabela 3 e a figura 4 apresentam os dados para as mesmas buscas realizadas na base de patentes EPO. Assim, os dados da tabela 3, das figuras 4 e 5 são os mesmos, apenas são apresentados de forma diferente para facilitar a visualização e o entendimento do comportamento dos registros das patentes na base europeia nos últimos três anos. A base EPO, também, permite o registro de patentes que tenham origem fora da União Europeia, por exemplo, o de países como Argentina e Angola.

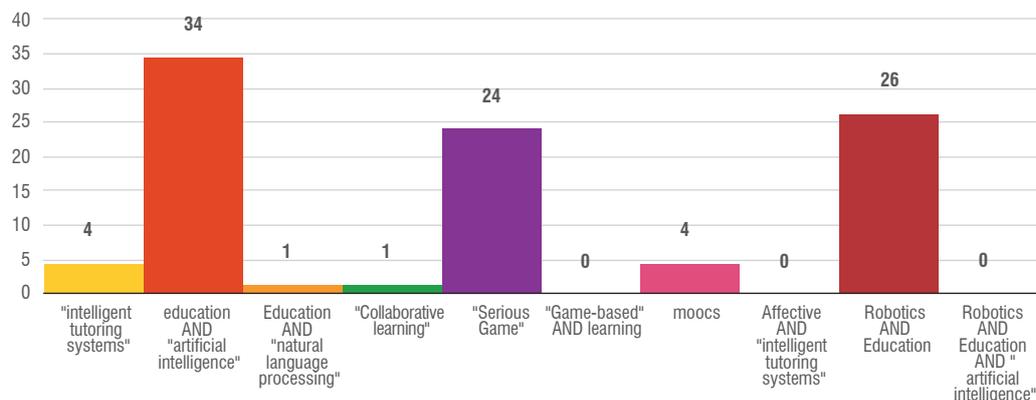
**Tabela 3 –** Palavras-chave utilizadas para busca nas bases EPO

Palavras-chave	Nº de patentes
<i>intelligent tutoring systems</i>	4
<i>education AND "artificial intelligence"</i>	34
<i>education AND "natural language processing"</i>	1
<i>Collaborative learning</i>	1
<i>Serious Game</i>	24
<i>Game-based AND learning</i>	0
<i>Massive Online Open Courses</i>	4
<i>Affective AND "intelligent tutoring systems"</i>	0
<i>Robotics AND Education</i>	26
<i>Robotics AND Education AND "Artificial Intelligence"</i>	0

Fonte: elaboração própria.

Cabe apontar que, para algumas das palavras-chave, não existem registros nos últimos anos, diferentemente do que ocorre na base USTPO. Entre elas, STIs e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, bem como PLN e Educação. A figura 4, a seguir, apresenta os resultados da tabela anterior na forma gráfica.

**Figura 4 –** Levantamento da base EPO em toda a base de registros

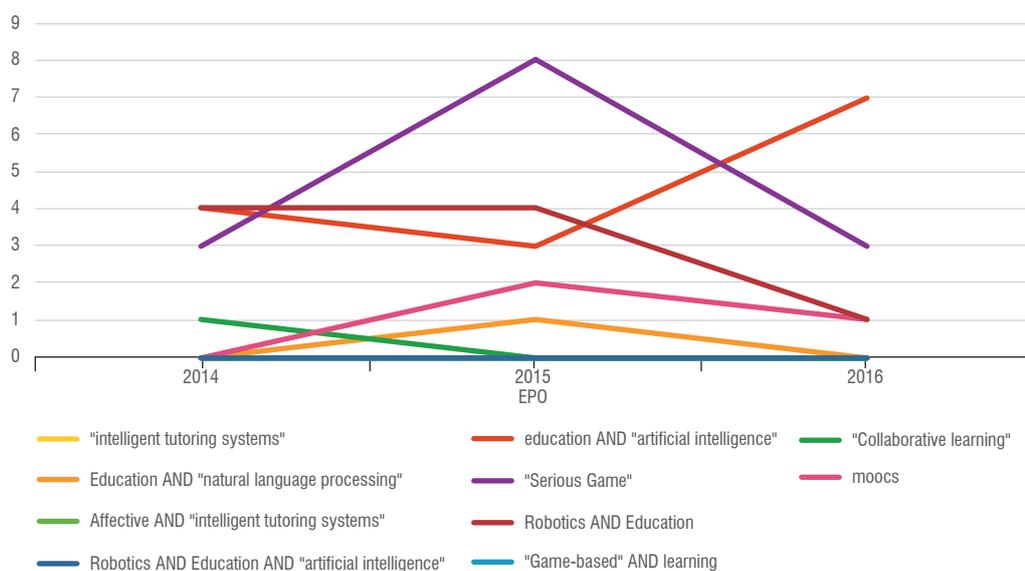


Fonte: elaboração própria.

Os dados mostram a grande diferença em termos de número de patentes registradas nos EUA e na Europa. Além do que, em muitos casos, uma mesma patente foi registrada em ambas as bases, principalmente as de grandes empresas. Mas, de modo geral, em relação à organização desses registros por palavras-chave, na EPO, a catalogação é realizada de forma mais adequada do que na USPTO, ou seja, com o mesmo significado utilizado para as mesmas palavras-chave nos artigos científicos. Destacamos *Artificial Intelligence and Education*, que registra a maioria dos produtos educacionais, como LMSs, processos, algoritmos e mesmo STIs. Também realçamos os dados para *Serious Games*, que, tanto na USPTO quanto na EPO, são referentes a Jogos Educacionais. Em sua maioria, são jogos de diversão.

A figura 5, a seguir, apresenta a evolução dos registros para as palavras-chave que são foco desta pesquisa, nos últimos três anos, na base EPO.

**Figura 5 – Evolução das patentes EPO**



Fonte: elaboração própria.

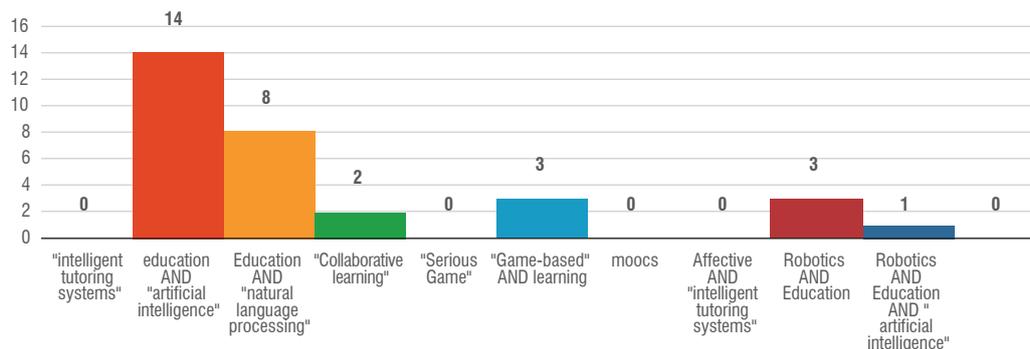
No gráfico, é possível constatar que a área com maior crescimento é IA e Educação, sendo que MOOCs, Jogos Sérios, Robótica e Educação são as áreas com maior queda.

Na base EPO, para algumas das palavras-chave, não existem registros nos últimos anos, diferentemente do que ocorre na base USTPO. Entre elas, há STIs e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, bem como PLN e Educação.

### 3.1.3 Resultados para a base CIPO (patentes do Canadá)

Os números dos registros de patentes nas palavras-chave deste trabalho não são expressivos no Canadá. No entanto optamos por incluir a base CIPO, pois o país vem fazendo grandes investimentos em IA nos últimos anos. Nesta base, os STIs estão registrados na área genérica de *education* and *artificial intelligence*, que traz 14 ocorrências, das quais 5 podem ser considerados como STIs. Seguindo a tendência geral, temos 8 patentes para PLN e Educação. O destaque fica para os sistemas de PLN que reconhecem afetividade/emoções em voz e texto (ver figura 6).

**Figura 6 – Evolução das Busca base CIPO – Canadá**



Fonte: elaboração própria.

Ou seja, um pequeno número de patentes foi registrado, no Canadá, diretamente com as palavras-chave da pesquisa. Na busca detalhada, verificamos o registro de 1 patente em 2014, e 9 patentes em 2015. O mesmo se reflete na inexistência de empresas, com produção expressiva, na área de IA na Educação. Pelo fato de existirem poucos dados, foi utilizado apenas o formato de apresentação em barras.

### 3.1.4 Resultados para a base Inpi (patentes do Brasil)

Na Inpi, encontramos apenas 14 patentes na área de Jogos Sérios. Destas 13 são Jogos Educacionais, registradas por várias entidades,

e 1 relativa a Sistema de Segurança. Para todas as demais áreas, não foram encontradas ocorrências de registros. Como cada base possui seu próprio motor de busca, no caso da Inpi, ela foi feita no campo “resumo”, o qual descreve a patente. Nos últimos três anos, não ocorreram registros em nenhuma das palavras-chave deste trabalho.

Os resultados obtidos nas bases de patentes serão utilizados para, juntamente com os resultados da pesquisa bibliográfica, estabelecer as prospecções que irão resultar no *Roadmap* e, também, para selecionar empresas e centros universitários que atuam nos temas-foco da pesquisa.

### 3.2 Resultados das buscas nas bases de artigos científicos Scopus e Web of Science (WOS)

Os dados gerais das bases de artigos científicos e livros técnicos Scopus e WOS para as mesmas palavras-chave podem ser visualizados na tabela 4, a seguir.

**Tabela 4 –** Palavras-chave utilizadas para busca na base Scopus e WOS

Palavras-chave	Scopus	WOS
<i>intelligent tutoring systems</i>	3.859	1.743
<i>education AND artificial intelligence</i>	7.001	701
<i>education AND natural language processing</i>	831	138
<i>Collaborative learning</i>	11.629	7.516
<i>Serious Game</i>	4.723	1.307
<i>Game-based AND learning</i>	3.917	2.103
<i>Massive Online Open Courses</i>	1.809	128
<i>Affective AND intelligent tutoring systems</i>	272	35
<i>Robotics And Artificial Intelligence</i>	9.051	323
<i>Robotics AND Education</i>	6.374	1.703
<i>Robotics AND artificial intelligence AND Education</i>	415	58

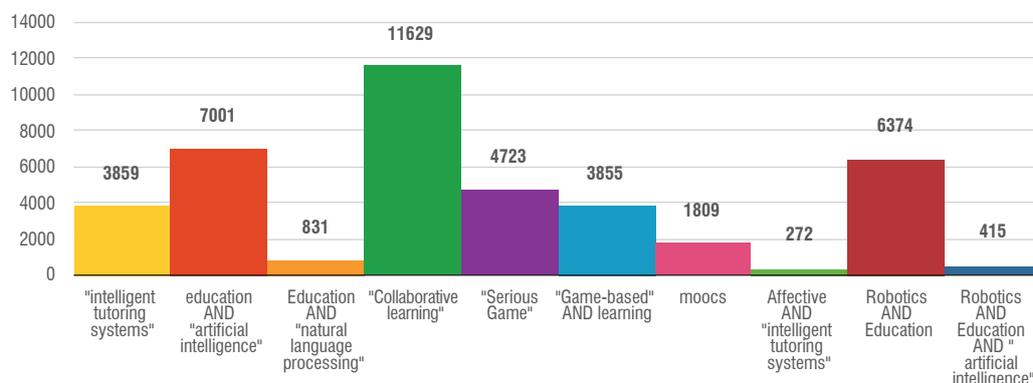
Fonte: elaboração própria.

Na base de dados Scopus, *Collaborative Learning* é a palavra-chave que aparece com o maior número de artigos (11.629). Na WOS foram encontrados 7.516, demonstrando que o termo é uma tendência para estratégia de ensino em sistemas computacionais educacionais no estágio atual, embora, como já comentado neste texto, esta é a palavra-chave mais

interdisciplinar utilizada na pesquisa. O termo STIs apresenta 3.859 itens na Scopus e 1.743 na WOS. Já Jogos Educacionais, 3.917 na Scopus e 2.103 na WOS, e Jogos sérios, 4.723 na Scopus e 1.307 na WOS, deixando clara a tendência para a inclusão deste tipo de *design* e aplicação para atividades educacionais. O termo genérico *Artificial Intelligence and Education* traz um número significativo de publicações (7.001) na Scopus e um número bem menor na WOS (701). MOOCs aparecem com um número relevante de publicações na Scopus (1.809) e apenas 128 na WOS. Aplicações do PLN na Educação apresentam 831 ocorrências na Scopus e 138 na WOS. Para a classe específica de Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, temos 272 ocorrências na Scopus e 35 na WOS. Em relação ao termo Robótica e IA, encontramos 9.050 artigos, sendo que, destes, 415 são para Robótica Inteligência e Educação na Scopus e somente 58 na WOS. Quanto à Robótica cabe uma observação: grande parte dos artigos, mesmo os de Robótica Inteligente Educacional, descreve um robô (suas habilidades que envolvem IA, como visão computacional, compreensão da fala, afetividade – detecção e/ou expressão, etc.). Entretanto é possível constatar, nas duas bases, que Robótica Educacional (sem o uso da IA) é uma área com muita publicação na Scopus (6.374) e na WOS (1.703).

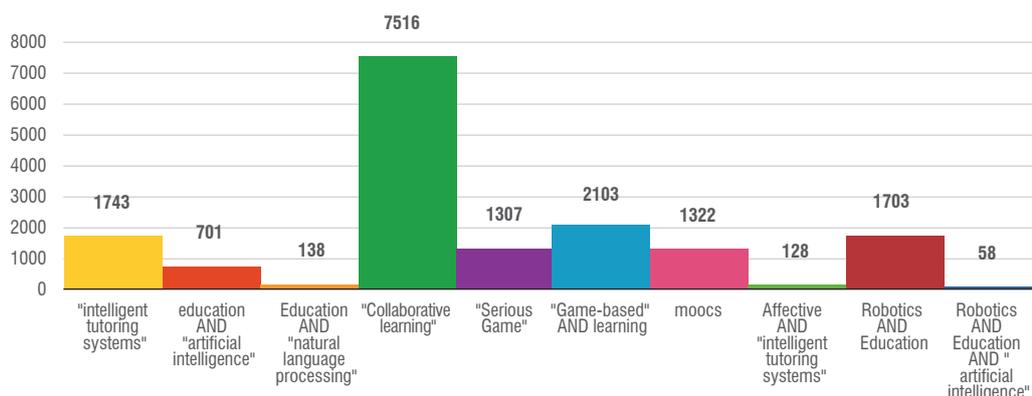
A figura 7, a seguir, traz os resultados das buscas, apresentados na tabela anterior, para as base de dados Scopus e WOS, relativos aos últimos três anos, em forma gráfica.

**Figura 7 – Levantamento da base Scopus referente aos últimos três anos**



Fonte: elaboração própria.

**Figura 8 – Levantamento da base WOS referente aos últimos três anos**



Fonte: elaboração própria.

Como já foi dito, *Collaborative Learning* é a área com maior número de ocorrências em ambas as bases. Nas demais áreas, não existem correspondência entre as bases em relação aos números gerais das publicações.

A tabela 5 mostra a distribuição das ocorrências de acordo com as palavras-chave selecionadas na base Scopus, mas considerando apenas os últimos três anos. O objetivo é mostrar as tendências de crescimento ou de declínio dos números.

**Tabela 5 – Evolução da base Scopus nos últimos anos (consulta realizada em abril de 2017)**

Scopus	2014	2015	2016	2017
<i>intelligent tutoring systems</i>	242	275	271	65
<i>education AND "artificial intelligence"</i>	537	785	660	152
<i>education AND "natural language processing"</i>	27	95	164	63
<i>Collaborative learning</i>	972	978	944	210
<i>Serious Game</i>	709	763	860	159
<i>Game-based AND learning</i>	444	556	543	110
<i>Massive Online Open Courses</i>	398	553	521	121
<i>Affective AND intelligent tutoring systems</i>	19	19	31	9
<i>Robotics AND Education</i>	471	554	513	238
<i>Robotics And Artificial Intelligence And Education</i>	18	15	27	18

Fonte: elaboração própria.

A base Scopus, por ser mais conhecida, apresenta maior quantidade de registros de artigos. Nessa base, pode-se verificar uma regularidade dos registros em todas as palavras-chave. Cabe ressaltar o aumento do número

de ocorrência de artigos em MOOCs e em Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos. Salientamos que *Collaborative Learning* ou Aprendizagem Colaborativa é interdisciplinar, sendo assim, os artigos que são foco desta pesquisa se resumem à intersecção de *Collaborative Learning and Artificial Intelligence*, com um total de 325 registros. Ainda, foi realizada a intersecção de *Collaborative Learning and Learning Management Systems*, que mostrou 243 ocorrências das 325 que pertenciam a aplicações da metodologia de ensino em LMSs.

A tabela 6 apresenta os resultados para os dados de busca dos últimos três anos para a base WOS.

**Tabela 6 –** Evolução da base WOS nos últimos anos (consulta realizada em maio de 2017)

WOS	2014	2015	2016	2017
<i>Intelligent tutoring systems</i>	120	120	160	–
<i>Education AND artificial intelligence</i>	55	51	81	14
<i>Education AND natural language processing</i>	17	20	22	–
<i>Collaborative learning</i>	661	795	716	–
<i>Serious Game</i>	223	277	324	–
<i>“Game-based” AND learning</i>	263	400	388	–
<i>Massive Online Open Courses</i>	255	430	421	–
<i>Affective AND intelligent tutoring systems</i>	9	10	16	–
<i>Robotics AND Education</i>	3	3	8	2
<i>Robotics AND Education AND artificial intelligence</i>	3	3	8	2

Fonte: elaboração própria.

Na base de dados WOS, é possível verificar que *Collaborative Learning* também aparece com o maior número de artigos (2.172), mas, comparativamente, um número bem menor do que na Scopus. STIs retornam 400 artigos, número similar a Scopus. Jogos Educacionais, com 1.051 registros, mas que, no geral, são jogos nos quais não são utilizadas tecnologias de IA para o seu desenvolvimento, e Jogos Sérios, com 824 ocorrências, mais uma vez apresentam um número bem menor do que na base Scopus. Jogos, geralmente, são tendência atual para sistemas educacionais. Nesta base, o termo genérico *Artificial Intelligence and Education* apareceu com apenas 201 publicações. *MOOCs* surgem com um número mais significativo de artigos (1.106). Aplicações do PLN na

Educação aparecem com apenas 59 ocorrências, bem diferente dos números da Scopus. Para a classe de Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, temos 35 artigos. Já para o termo Robótica Inteligente e Educação, 16. Os mesmos artigos foram registrados com os dois termos, Robótica Educacional e Robótica Inteligente e Educação. Quanto à Robótica, cabe a mesma observação feita para os dados da base Scopus.

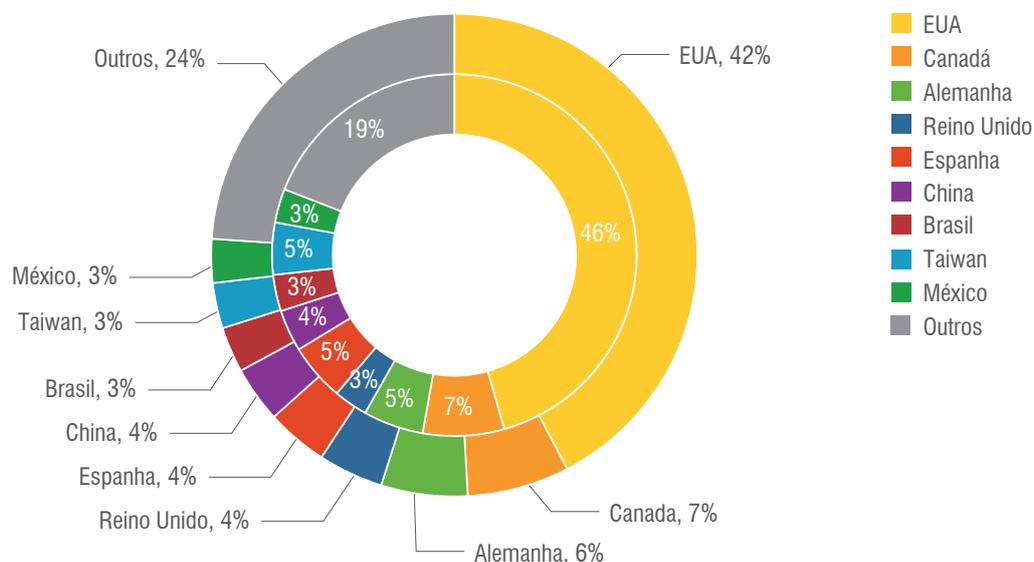
Os dados bibliográficos, juntamente com os dados dos registros de patentes, servirão para estabelecermos as tendências para as tecnologias da IA na Educação, as quais resultarão no *Roadmap* tecnológico. Os dados bibliográficos servem também para definir as universidades e os centros de pesquisa que mais produzem pesquisa e desenvolvimento (P&D) nos temas-foco da presente pesquisa.

### **3.2.1 Distribuição das publicações das bases Scopus e WOS por países**

Com a finalidade de estabelecer os países que detêm os melhores números dentre os obtidos nas bases Scopus e WOS, os gráficos a seguir apresentam a distribuição das publicações por país no período de 2014 a abril de 2017. Os gráficos mostram os resultados das buscas dos países com melhor desempenho em cada palavra-chave. O círculo exterior representa a base Scopus, e o círculo interior, a base WOS.

A figura 9, a seguir, destaca a predominância dos EUA e do Canadá, na segunda posição, para a palavra-chave *ITSs*. Os resultados encontram-se distribuídos pelos países com maior pontuação, incluindo o Brasil, com 3% na Scopus e 4% na WOS. Além deste, temos o México, com percentuais similares aos do Brasil, na América Latina. A figura também aponta o crescimento da China no cenário internacional nas pesquisas sobre a referida palavra-chave.

**Figura 9** – Publicações por país para o termo *Intelligent Tutoring Systems (ITSs)*.



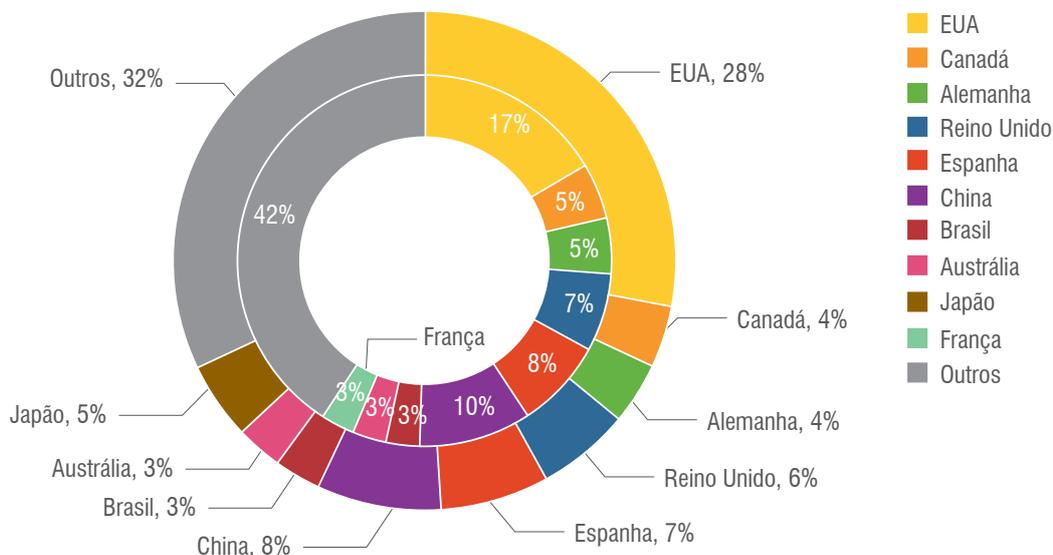
Fonte: elaboração própria.

Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

Os EUA apresentam larga predominância no número de pesquisas na área de STIs em ambas as bases, seguido do Canadá, com uma grande diferença em termos percentuais, 45,6% e 7,2%, respectivamente. Na realidade, a segunda posição é ocupada pelo grupo “outros”. Os demais países que pontuaram na busca mantêm o percentual regular. Cabe destacar a presença do Reino Unido, da Alemanha e da Espanha, na Europa.

Na figura 10, é possível observar que a palavra-chave *Artificial Intelligence and Education*, que agrupa os artigos cujos termos utilizados pelos autores não foram classificados em uma das palavras-chave mais específicas, se mantém em ambas as bases com predominância dos EUA. Mas o grupo “outros” é o que traz os maiores percentuais. Este resultado é coerente, pois os artigos classificados com essa palavra-chave são diversificados.

**Figura 10 – Publicações por país para os termos *Education e Artificial intelligence*.**



Fonte: elaboração própria.

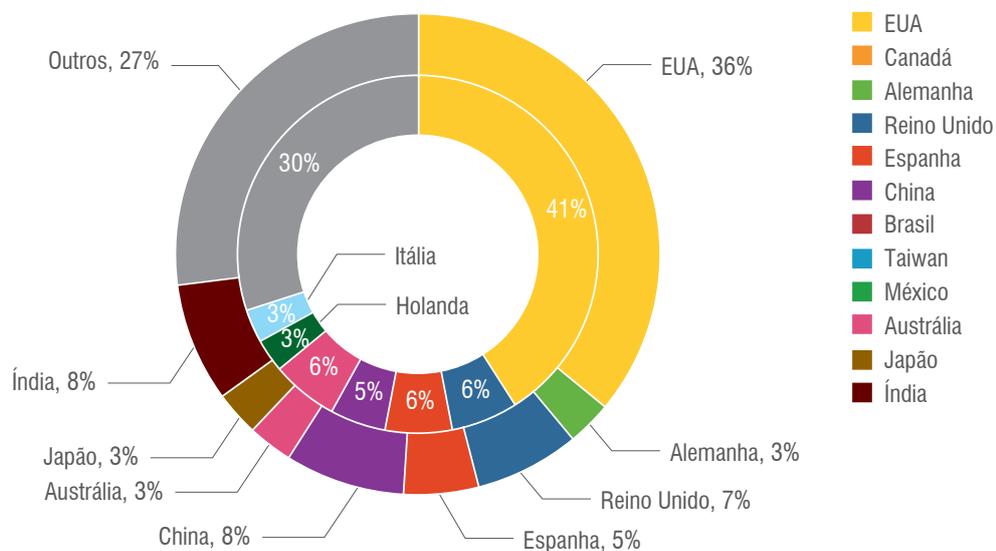
Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

Embora a predominância dos EUA esteja presente em ambas as bases, na WOS o país aparece com 17% das pesquisas na área, seguido pela China com 10%. É a primeira vez que o país asiático ocupa o 2º lugar. A Espanha, com 7,5%, alcança a 3ª posição. No geral, as duas bases apresentam dados distintos. O Brasil aparece com 3% na Scopus e não pontua na WOS. O mesmo acontece com Japão, Austrália e França.

A figura 11, a seguir, apresenta um tema que vem sendo destaque nos últimos anos, que é o PLN, em particular o PLN aplicado à Educação. Os dados mostram a contínua predominância dos EUA, mas, nesse caso, é possível citar o surgimento da Índia apenas na base Scopus. O Reino Unido apresenta consistência em seu percentual nas duas bases, além da Espanha e da Alemanha. No entanto a P&D destes países europeus não tem resultado, na mesma proporção, em registros de patentes na base EPO, embora parcela significativa dos artigos venha assinada por pesquisadores pertencentes a empresas.

Cabe apontar a pequena participação brasileira na área de PLN aplicado à Educação. É conhecido, no meio acadêmico, que Portugal atua na área de PLN, no entanto não aplica o resultado de suas pesquisas à Educação.

**Figura 11** – Publicações por país para o termo *education and natural language processing*.



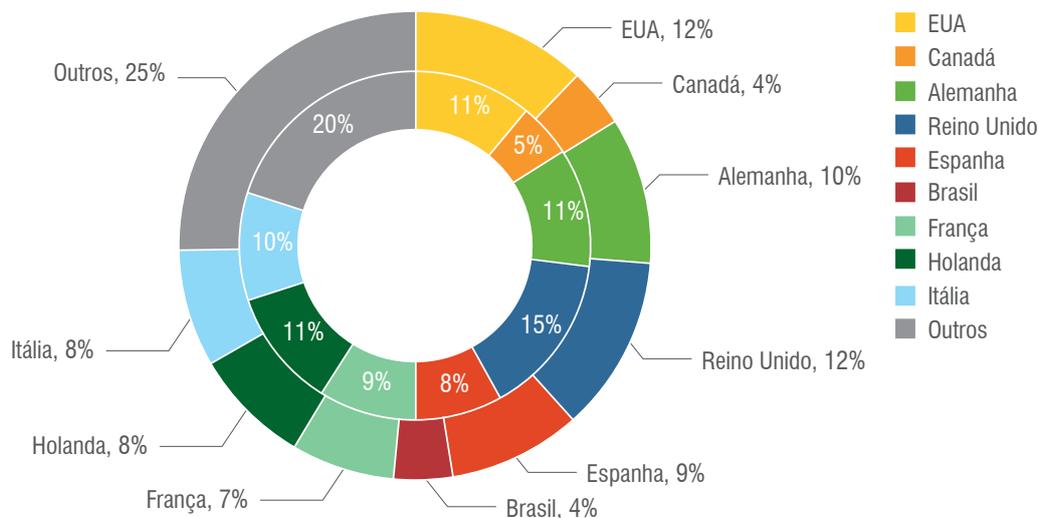
Fonte: elaboração própria.

Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

Quanto à China, grande parte dos trabalhos refere-se ao mandarim. Os demais países, como Alemanha e Espanha, possuem pesquisas para as suas próprias línguas, mas também para a língua inglesa. A área da PLN e Educação, na base WOS, embora com números menores que na Scopus, continua trazendo a predominância dos EUA. Para esta área cabe a observação de que uma parte significativa dos artigos analisados tem como origem empresas e, em muitos casos, reflete as parcerias com universidades.

No que se refere aos *Serious Games* (figura 12, a seguir), os dados podem ser analisados juntamente com *Games Based Learning* (figura 13), pois os primeiros podem ser considerados como uma evolução dos segundos.

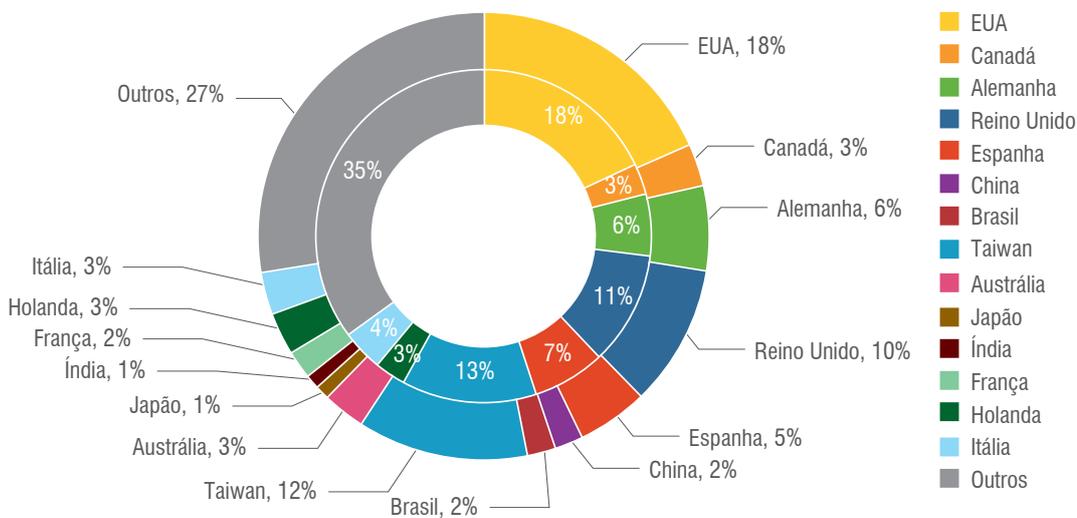
**Figura 12 – Publicações por país para o termo *Serious Games*.**



Fonte: elaboração própria.

Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

**Figura 13 – Publicações por país para os termos *Game-based e learning* simultaneamente.**



Fonte: elaboração própria.

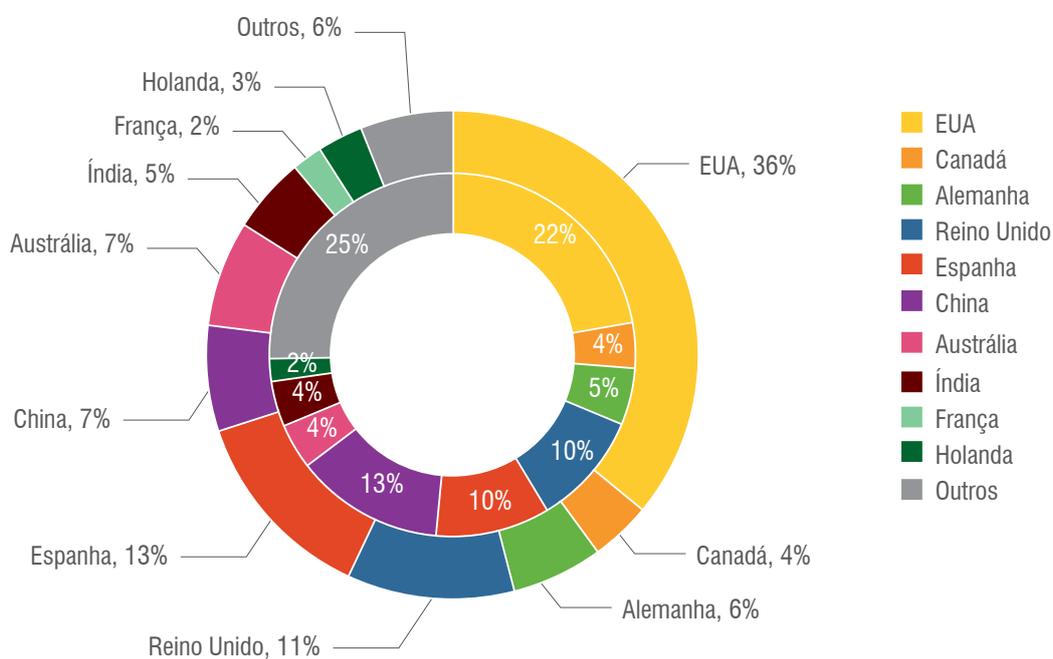
Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

Nas duas figuras acima, que tratam de Jogos Educacionais, é possível observar que não existe predominância marcante de um país, embora na Scopus os EUA apresentem 18%, Taiwan, 12%, e Reino Unido esteja próximo nos resultados obtidos nas duas bases. Para Jogos Sérios, os resultados são similares, com destaque para a Holanda, que aparece bem posicionada em ambas as bases. Para essas palavras-chave, temos

um grande número de países que desenvolvem P&D. Tanto os chamados Jogos Sérios quanto os Jogos Educacionais, em muitos casos, possuem finalidades educacionais, mas não só isso. A diferença está no projeto e nas técnicas utilizadas para o seu desenvolvimento. É importante salientar que, no que se refere aos artigos científicos, os Jogos Sérios, em grande parte dos casos, utilizam alguma IA no seu desenvolvimento, diferente do que ocorre com os registros de patentes que usam essa palavra-chave. O Brasil aparece com 4% da P&D em Jogos Sérios e 2% em Jogos Educacionais. É possível dizer que é uma das áreas com maior equidade na distribuição das publicações.

No caso dos MOOCs, novamente aparece a predominância dos EUA, seguido da Espanha e do Reino Unido. Os demais países aparecem com menor significância. Ainda, neste caso, a base Scopus apresenta maior abrangência na distribuição das publicações, pois indexa um maior número de eventos de diferentes países que a base WOS (ver figura 14, a seguir).

**Figura 14 – Publicações por país para o termo MOOCs.**



Fonte: elaboração própria.

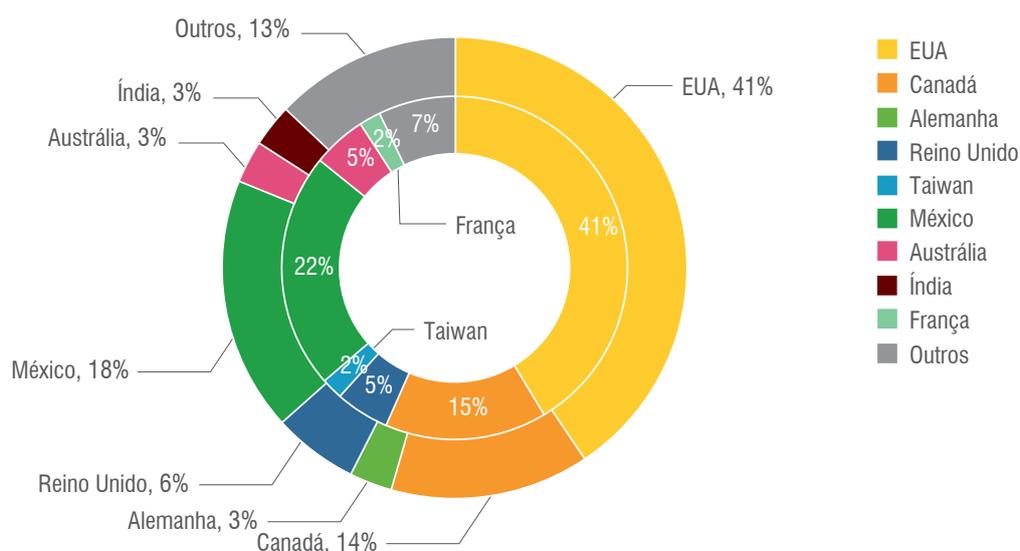
Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

MOOCs vêm se desenvolvendo lentamente. Tiveram seu surgimento nos EUA na década de 2000 e alcançaram grande divulgação a partir de 2008. Hoje em dia, são alvo de avaliações por instituições, professores e usuários. Como pode ser visto na figura acima, os EUA possuem

predominância na área, mas outros países, como Espanha, Reino Unido e China, também publicam e utilizam tais plataformas. A Open University UK merece ser citada, com 33 artigos, que focam também *Learning Analytics* e *Big Data* e uma grande tradição em educação a distância (EAD). O Brasil não possui, ainda, trabalho relevante na área. Esta constatação poderá ser confirmada no decorrer do trabalho, quando serão apresentados os grupos de pesquisa registrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

No que se refere aos Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos (uma evolução do STI), o destaque vai para EUA, México, Canadá e Brasil (ver figura 15). É a primeira vez que um país da América Latina (México) aparece em 2º lugar em ambas as bases.

**Figura 15** – Publicações por país para os termos *affective* e *intelligent tutoring systems* simultaneamente.



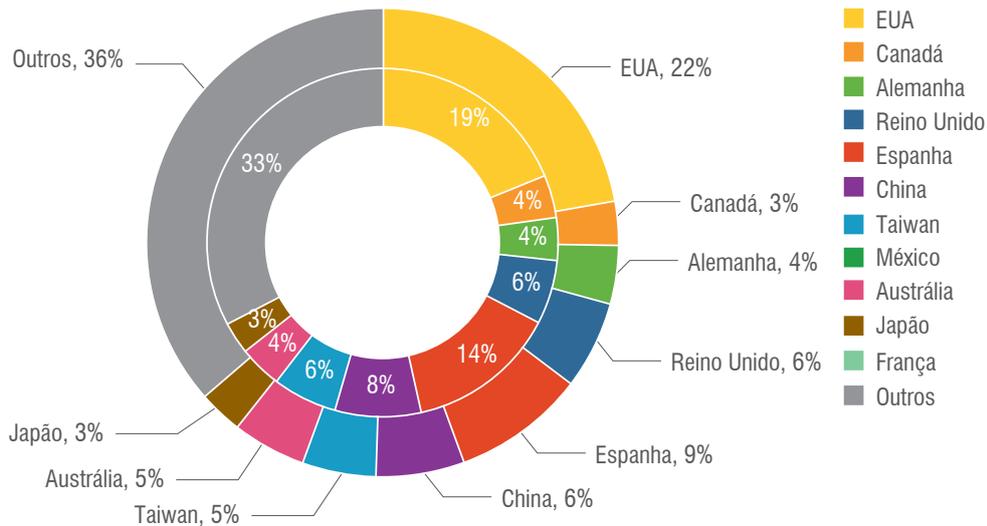
Fonte: elaboração própria.

Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

Cabe observar o caso do México, em particular nos últimos três anos e expandindo até 2017: dois grupos foram responsáveis por publicar 14 artigos. Esses grupos serão apresentados mais adiante, na seção que trata de Universidades e Centros de Pesquisa. A aplicação das pesquisas em Afetividade/Emoções ingressa na área educacional justamente pelos STIs. A área de pesquisa Afetividade Computacional surgiu em 1997. Suas aplicações comerciais atuais estão ligadas ao PLN e à Visão Computacional, como veremos na seção de tendências em produtos.

Para a palavra-chave *Collaborative Learning*, os destaques vão para os EUA, seguida pela Alemanha e pelo Canadá na base Scopus, e para, novamente, os EUA, seguida pela Espanha na WOS. No entanto a P&D para este tema está distribuída por vários países. A Austrália, por exemplo, aparece com 8% na WOS.

**Figura 16** – Publicações por país para o termo *Collaborative Learning*.



Fonte: elaboração própria.

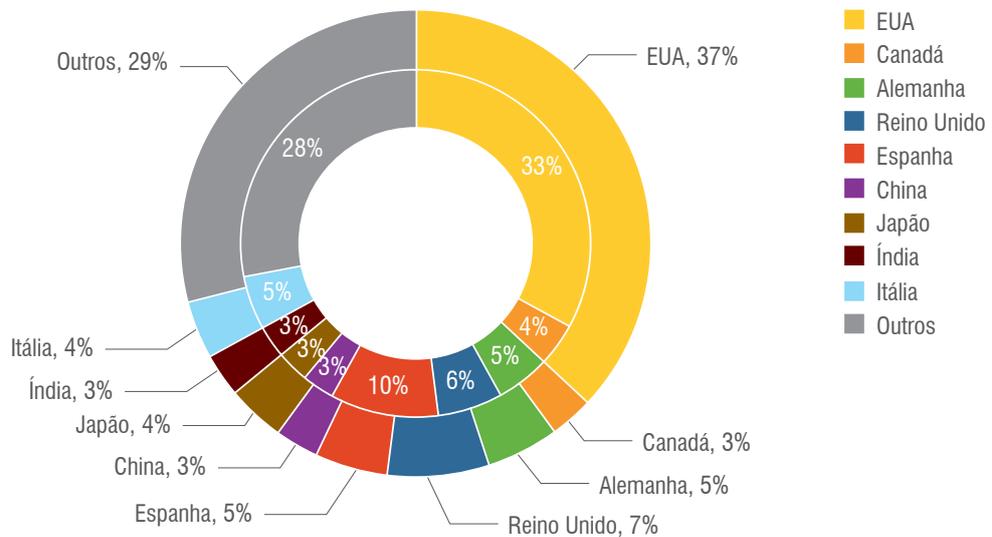
Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

Aprendizagem Colaborativa é uma das palavras-chave com presença marcante em termos de publicações na Scopus (11.629) e na WOS (7516). A Aprendizagem Colaborativa é uma metodologia de ensino/aprendizagem. No entanto, na área de *Learning Management Systems* (LMSs), esta metodologia ganha destaque e é considerada um tema de pesquisa vinculado à Tecnologia, por representar um modelo de se desenhar e construir sistemas computacionais. Da soma total dos artigos recuperados, 245 abordam a aplicação de Aprendizagem Colaborativa em LMSs. Na maioria das implementações, são utilizadas técnicas de negociação das soluções propostas pelos alunos (grupos), pois existe a colaboração/interação na busca da solução de um problema. Em alguns casos, o colega colaborador é um

agente virtual<sup>19</sup>, neste caso, conhecido na literatura como agente pedagógico. Nesses números, estão incluídos trabalhos cujo foco não é a IA.

Na figura 17, a seguir, pode ser constatado que as pesquisas para Robótica Educacional estão distribuídas por vários países, onde pese a predominância dos EUA. Entretanto Robótica Educacional não é foco desta pesquisa. Os números estão sendo apresentados para apoiar a análise do termo Robótica Inteligente Educacional, que é nosso foco.

**Figura 17 – Publicações por país para o termo Robotics and Education.**



Fonte: elaboração própria.

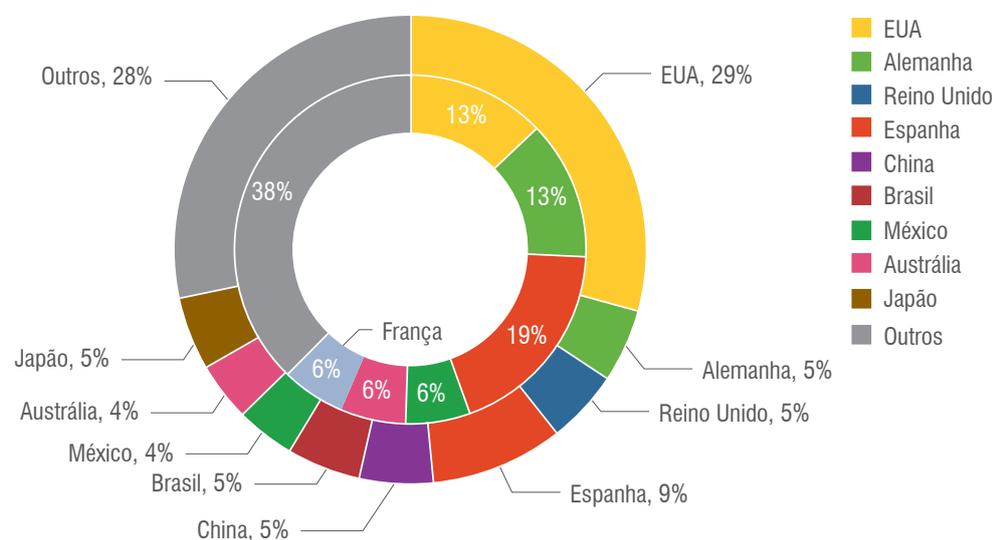
Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

A seguir, a figura 18 apresenta os dados para Robótica Inteligente e Educação. Como se pode constatar ao se comparar a figura 17 com a figura 18, os números para Robótica Inteligente e Educação diminuem e, na base de dados Scopus, a predominância não cabe aos EUA e, sim, à Espanha, que possui produção significativa de Robótica, principalmente para a Educação Especial. Já na base de dados WOS, a predominância volta para os EUA. De qualquer forma, a pesquisa é bem distribuída por vários países, como a Alemanha, que vem na 3ª posição e que utiliza Robótica Inteligente nas escolas.

<sup>19</sup> Agentes ou sistemas multiagentes (mais de um agente), entendidos como software, são programas que possuem uma série de características específicas dependendo de seu propósito. As características mais comuns são poder se comunicar com outros agentes e possuir todo o conhecimento e o raciocínio necessário para tomar decisões (quando forem agentes cognitivos). Eles podem estar distribuídos em diferentes máquinas e agir de forma contínua ou temporária (sob demanda). Os agentes da web possuem, ainda, a característica da mobilidade.

O Reino Unido traz números próximos da Alemanha. Mas cabe lembrar que a grande maioria dos artigos está focada na descrição de um robô específico e na plataforma para a sua programação, e não exatamente em sua utilização educacional. É de se notar que, no que se refere ao uso da Robótica Educacional, em geral, o Japão aparece com números singelos. O mesmo acontece em relação à China. Cabe, ainda, apontar, com relação à figura 18, que o Brasil aparece com 5%. Na consulta aos grupos de pesquisa do CNPq, foi constatado que os grupos que trabalham com Robótica Educacional são os mesmos que trabalham com Robótica Inteligente Educacional.

**Figura 18** – Publicações por país para o termo *robotics and education and artificial intelligence*.



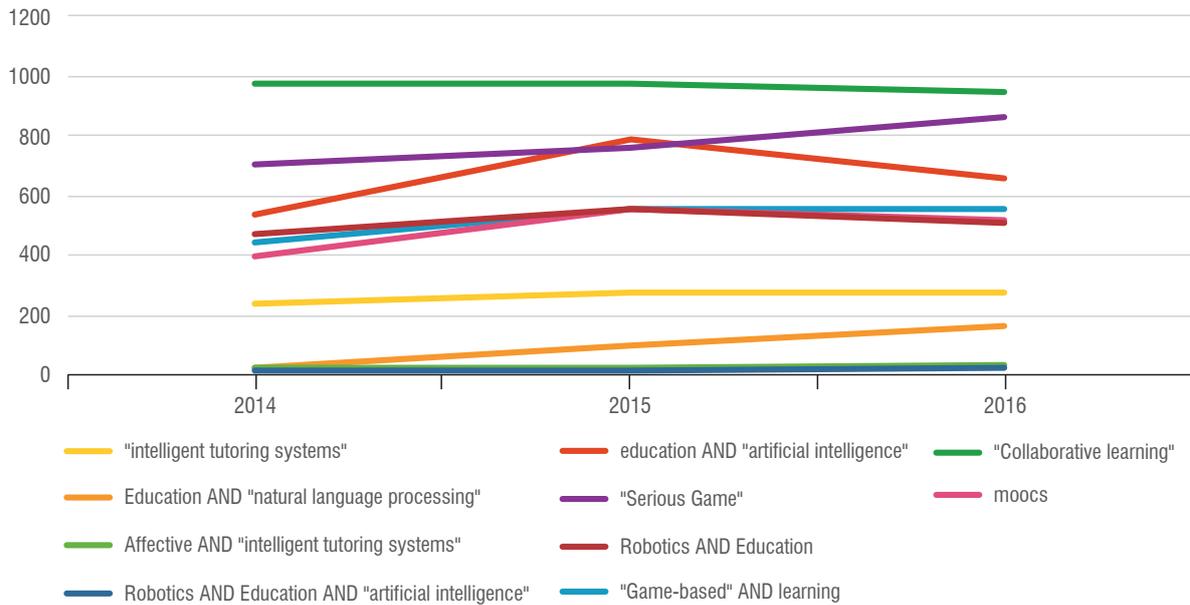
Fonte: elaboração própria.

Nota: O círculo externo é relativo à base Scopus e o Interno à Web of Science (WOS).

### 3.2.2 Evolução geral das publicações das bases Scopus e WOS (2014 a 2016)

Para finalizar a análise relativa aos dados das bases Scopus e WOS, retornaremos aos gráficos gerais para os últimos três anos. Na figura 19, correspondente à base Scopus, é possível verificar a evolução geral das publicações. O gráfico ajuda a observar tendências de alta ou de queda para cada palavra-chave. Temos uma leve queda em *Collaborative Learning* em 2016, um aumento para PLN e Educação, uma queda acentuada para *Education and Artificial Intelligence* como termo de indexação genérico, e as demais áreas mantêm a estabilidade.

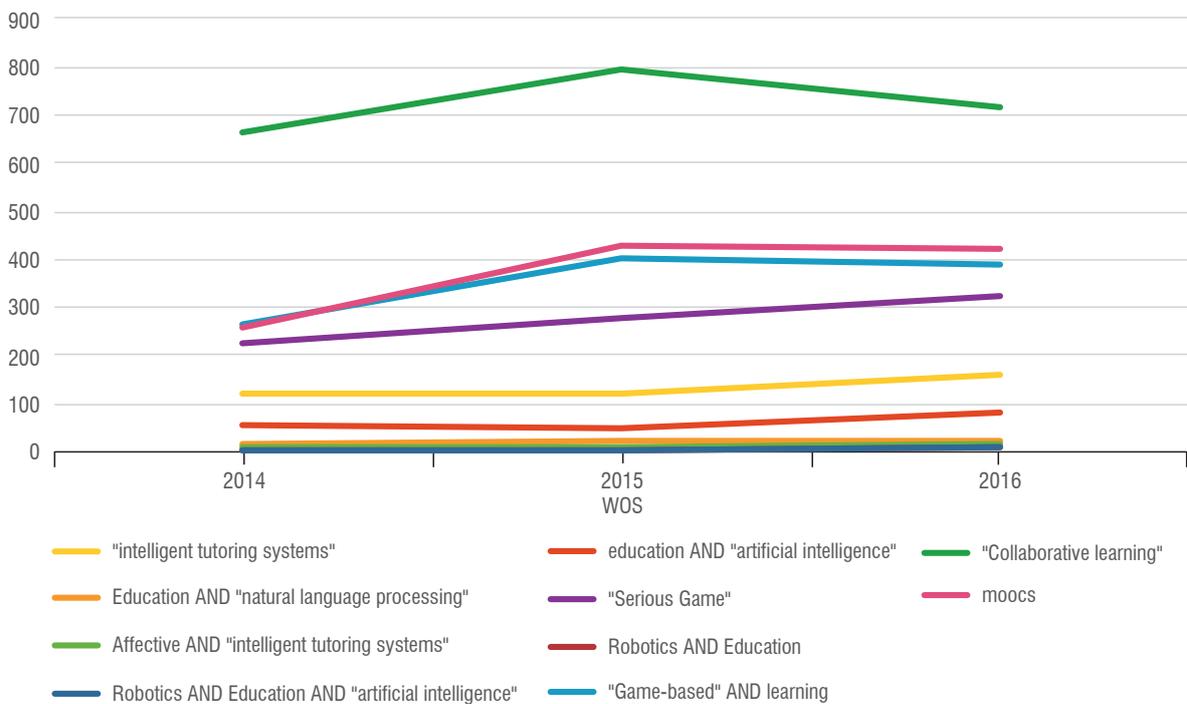
**Figura 19 – Gráfico com a evolução da base Scopus nos últimos três anos**



Fonte: elaboração própria.

Na figura 20, pode ser vista a evolução das buscas por artigos científicos, nos últimos três anos, para a base WOS.

**Figura 20 – Gráfico com a evolução da base WOS nos últimos três anos**



Fonte: elaboração própria.

A base WOS mostra um declínio mais acentuado para *Collaborative Learning* e uma leve alta para STIs e para MOOCs. As outras palavras-chave permanecem mais ou menos estáveis.

A identificação da produção científica por países permite localizar onde está a maior concentração de publicações e esta informação é importante para seleção das universidades e dos centros de P&D com atuação significativa em cada tema.

Após a apresentação e análise das bases de artigos científicos Scopus e WOS, foi realizado o estudo da base internacional de teses e dissertações.

### 3.3 Resultados das buscas na base de teses e dissertações (NDLTD)

Na última etapa das buscas com palavras-chave, foi analisada a base NDLTD, que, com 2.223.505 registros, indexa teses e dissertações de vários países do mundo, incluído o IBCT, do Brasil. Nessa base, não é permitida a pesquisa por países, apenas por idioma. No caso deste trabalho, grande parte das teses e dissertações são escritas na língua inglesa, independentemente do país de origem. Sendo assim, não consideramos a pesquisa por idioma relevante. Para as buscas na NDLTD, utilizamos a mesma metodologia, ou seja, pesquisar pelas palavras-chave selecionadas para o trabalho (ver tabela 8).

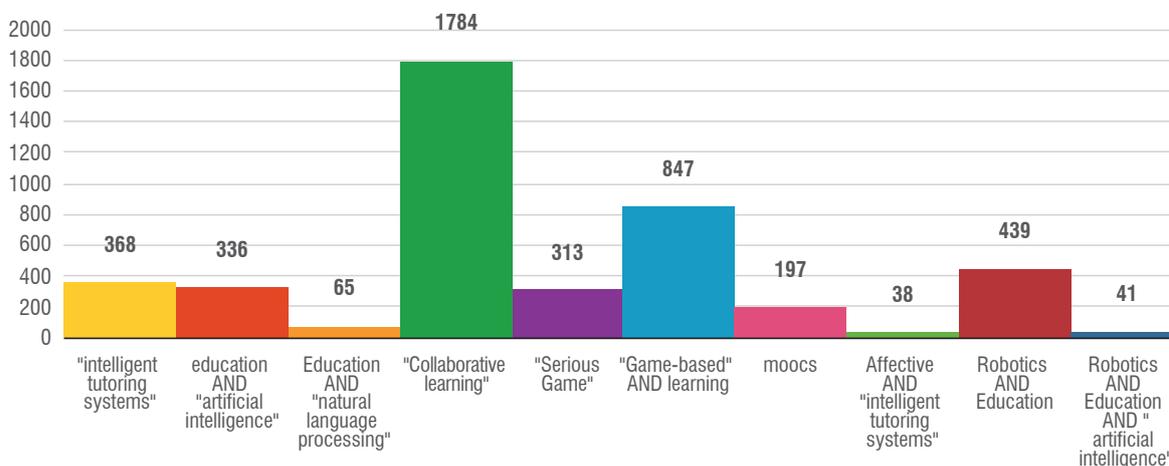
**Tabela 7 – Base de teses e dissertações**

Palavras-chave	Nº teses/dissertações
<i>"Intelligent tutoring systems"</i>	368
<i>Education AND artificial intelligence</i>	336
<i>Education AND natural language processing</i>	65
<i>Collaborative learning</i>	1.784
<i>Serious Games</i>	313
<i>"Game-based" AND learning</i>	847
<i>Massive Online Open Courses</i>	197
<i>Affective AND intelligent tutoring systems</i>	38
<i>Robotics AND Education</i>	439
<i>Robotics AND Education AND artificial intelligence</i>	41

Fonte: elaboração própria.

Os dados podem ser visualizados em termos gráficos, como segue na figura 21.

**Figura 21** – Total de resultados para cada termo de busca na base internacional de teses e dissertações



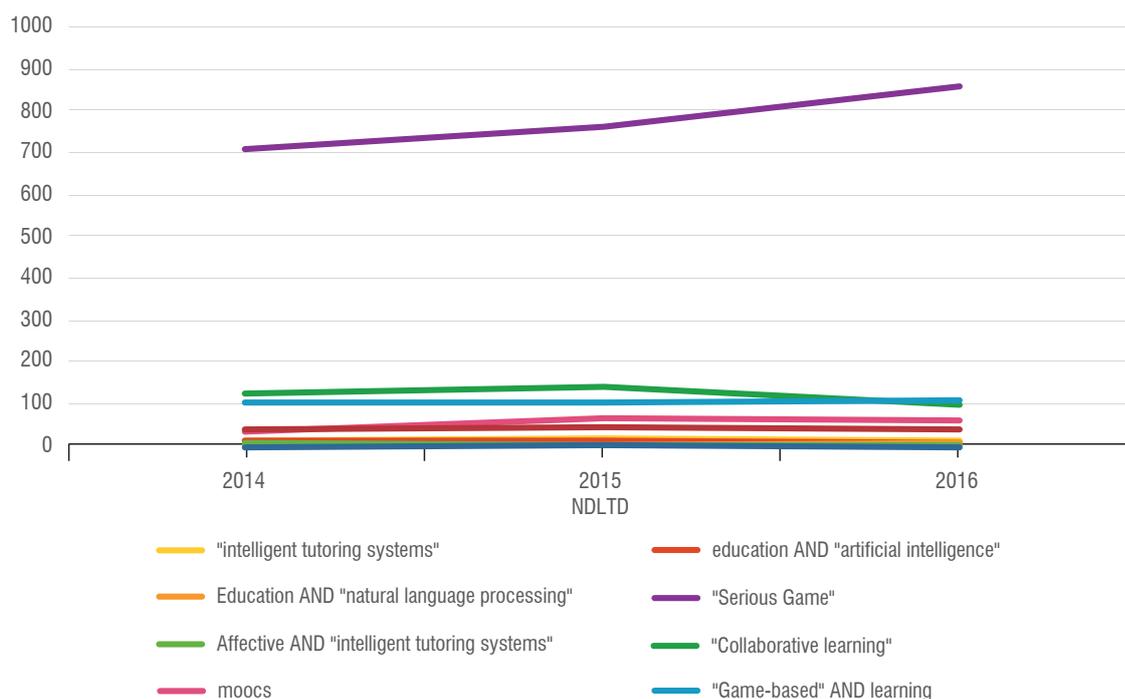
Fonte: elaboração própria.

Quanto aos dados para teses e dissertações, temos que, mesmo somando as áreas de STIs e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos (406), o número é menor do que *Collaborative Learning*, que é o item com o maior número de ocorrências. Mas, no cruzamento dos termos *Collaborative Learning* e *Artificial Intelligence*, este número cai para apenas 35, pois a área agrupa teses e dissertações realizadas na Educação, na Psicologia, na Computação e na Informática e Educação. A seguir, temos os dados para *Game-based Learning* e *Serious Game*, com 1.160 ocorrências. Os MOOCs, que apresentam crescimento lento em termos de artigos e patentes, crescem rapidamente no que se refere às teses e às dissertações. Ainda, a área de PLN e Educação não apresenta um número significativo de teses e dissertações, se comparado com o número de artigos científicos e com o número de patentes. Da mesma forma que nas demais bases consultadas, a palavra-chave *Artificial Intelligence and Education* contempla todos os trabalhos de P&D, em IA e Educação, que não foram classificados em uma das outras palavras-chave mais específicas. O número de teses e dissertações na área de Robótica Inteligente Educacional também é pequeno se comparado aos demais. A tabela 9 e a figura 22, a seguir, nos mostram a evolução em termos da P&D, de acordo com a classificação adotada.

**Tabela 8 – Evolução da base ND LTD nos últimos anos**

ND LTD	2014	2015	2016	2017
"intelligent tutoring systems"	12	16	9	1
Education AND "artificial intelligence"	10	10	7	0
Education AND "natural language processing"	3	3	4	0
"Collaborative learning"	122	141	94	13
"Serious Games"	709	763	860	159
"Game-based" AND learning	104	102	106	8
Massive Online Open Courses	34	62	57	6
Affective AND "intelligent tutoring systems"	5	2	0	1
Robotics AND Education	39	44	35	4
Robotics AND Education AND "artificial intelligence"	0	2	0	0

Fonte: elaboração própria.

**Figura 22 – Gráfico com a evolução da base ND LTD nos últimos três anos**

Fonte: elaboração própria.

É possível constatar que apenas Jogos Sérios apresenta tendência de crescimento. As demais permanecem estáveis. Cabe destacar que *Collaborative Learning* vem apresentando declínio em termos de P&D, no caso das teses e dissertações. De acordo com os dados apontados nos gráficos de tendências de crescimento das pesquisas, esta categoria já está consolidada em termos de tecnologia. *Collaborative Learning*

é amplamente utilizada em LMSs , em Jogos Colaborativos e começa (pelo menos uma plataforma de MOOC já possui a possibilidade para os alunos interagirem através de um fórum) a ser utilizada em MOOCs. Teses e dissertações nos apontam as tendências acadêmicas: jogos é uma delas, de acordo com estágio atual dos dados.

De forma geral, a base de teses e dissertações apresenta uma dinâmica diferente das bases de artigos científicos. Este fato, em um primeiro momento, pode parecer estranho, pois a grande maioria dos artigos científicos resulta de trabalhos de P&D realizados em teses e dissertações. No entanto a base NDLTID tem um alcance de indexação restrito. Ou seja, informar os dados para a NDLTID é uma ação voluntária. No Brasil, por exemplo, o IBICT centraliza os registros de teses e dissertações de todo o país e os repassa para a NDLTID. No entanto esta política não é universal, na maioria dos casos, cada universidade precisa informar seus dados a NDLTID para que a informação fique centralizada.

Seguindo com as etapas propostas na metodologia para esta primeira parte do trabalho, será apresentada, no próximo capítulo, a análise dos dados coletados em todas as bases de dados de forma integrada.





## 4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A análise e a interpretação dos dados foram realizadas tendo em vista algumas considerações:

- A área de IA aplicada à Educação é interdisciplinar e relativamente nova. Sendo assim, a produção científica não é tão volumosa quanto em áreas mais consagradas e estáveis cientificamente. Por isso, muitos dos dados levantados são pequenos e a verificação de tendências fica, muitas vezes, pouco evidente. Para lidar com esse fato, os termos de busca foram categorizados para especificar melhor os dados existentes e, dessa forma, tornar possível a identificação de padrões e tendências.
- Para a análise dos resultados, os dados foram avaliados de acordo com dois intervalos de prospecção, de 2017 a 2020 e de 2020 a 2030.
- Os artigos com mais de um autor, caso sejam de diferentes nacionalidades, contam para seus respectivos países. Na seleção dos países que aparecem nos gráficos, escolhemos sempre os nove primeiros na pontuação. É importante salientar que, em muitos casos, a classe “outros” é bastante relevante.

- Os EUA são o país com maior produtividade em termos gerais. Praticamente, o primeiro lugar em todas as áreas-foco da pesquisa, se considerarmos as bases de artigos e patentes. Quanto ao 2º lugar, depende da área específica. Isto também é verdade para os grupos de pesquisa e para as empresas de ponta, as quais serão apresentadas mais adiante.
- Os temas PLN e Afetividade/Emoções são considerados transversais a esta pesquisa, ou seja, possuem aplicações em todas as áreas-foco do trabalho (STIs, LMSs, MOOCs e Robótica). Estas são, sem sombra de dúvidas, as que mais têm se desenvolvido nos últimos três anos. PLN, mais que Afetividade, é de grande relevância, na atualidade, para muitas empresas.
- A Aprendizagem Colaborativa não foi considerada nesta análise de perspectivas de forma individual, pois, quando especificamos as pesquisas, o número de artigos, teses, dissertações e patentes diminui enormemente. Como observamos, é um tema multi e interdisciplinar. No entanto ela será considerada vinculada a outras palavras-chave utilizadas, por exemplo, através de sua intersecção com Afetividade/Emoções e Jogos Sérios, em que encontramos 63 ocorrências. Ou seja, a posição que assumimos de manter esta palavra-chave, embora ela retorne dados para outras áreas do conhecimento que não só IA e Educação, se mostrou correta, pois, na análise detalhada, fica clara sua influência em vários temas-foco deste trabalho. Fato este que confirma que *Collaborative Learning* está consolidada em termos de P&D, como apontam as tendências de diminuição da pesquisa nos últimos três anos, tanto em artigos, quanto em teses e dissertações.
- A área de Robótica Inteligente Educacional, ainda, é emergente e fica restrita para o ensino superior, principalmente para a aprendizagem da própria Robótica e o ensino de Programação.
- Na América Latina, merece destaque a presença do Brasil e do México. Se considerarmos a área geral de IA e Educação nos últimos três anos, o Brasil aparece com mais publicações (56 artigos), e o México com apenas 28.

Feitas essas observações preliminares, será realizada a análise dos dados obtidos.

## 4.1 Análise e interpretação dos dados das bases de patentes

A base dos EUA é a que apresenta dados mais significativos nas áreas-foco deste trabalho. Na base americana, encontramos regularidade nos números dos registros. Entretanto apenas duas das palavras-chave utilizadas apresentam um crescimento constante. São elas, *Education and Natural Language Processing* ou PLN e Educação, como usado neste texto, com 27 patentes registradas em 2014, 95 em 2015, 164 em 2016 e, até maio de 2017, já estavam registradas 63 novas patentes.

A segunda palavra-chave com maior número de patentes é *Collaborative Learning*, com 103 patentes, mas poucas ligadas diretamente à IA. Vinculados a este termo de busca, encontramos, principalmente, *LMSs* comercializados por grandes empresas, plataformas corporativas que não utilizam IA para o seu desenvolvimento e, também, uma grande quantidade de jogos colaborativos.

A outra palavra-chave que apresenta crescimento contínuo é a de *Games based Learning*, com 6 ocorrências em 2014, 8 em 2015, 20 em 2016 (um aumento considerável) e 4 novas patentes até maio de 2017. Mas, neste caso, também os jogos registrados não utilizam IA. Ainda, quanto aos *Serious Games*, a maior parte das patentes tem origem em grandes empresas. Dos registros da USTPO, 10% são relativos ao Kinect, da Microsoft, e se referem à captura de movimentos de jogadores em *videogames*. Além disso, em alguns casos, a mesma patente é registrada na base americana e na europeia.

Os STIs, que, muitas vezes, são registrados também sob a palavra-chave *Education and Artificial Intelligence*, mesmo assim apresentam uma diminuição no número de patentes, que teve seu auge em 2014, com 22 registros, em 2015 foram apenas 11, e em 2016, 8 registros.

Na USTPO, os *MOOCs* aparecem melhor do que em todas as demais bases utilizadas na pesquisa, com 1 registro em 2014, 6 em 2016 e, até maio de 2017, já existiam 3 novas patentes. Isso se dá devido às universidades americanas serem as que mais têm investido recursos em *MOOCs*, tanto no desenvolvimento de plataformas quanto no conteúdo.

Além disso, *Learning Analytics* e *Big Data* têm crescido muito e já existem registros para algoritmos vinculados a essas tecnologias.

Na base CIPO do Canadá, temos como resultados: 1 registro em 2014 em *Collaborative Learning*, 8 em PLN e Educação e 1 em *Games based Learning*, em 2015. Ou seja, pequenos números, com um total de registros nos últimos três anos de 10 patentes. Cabe lembrar que a base CIPO foi incluída nesta pesquisa, pois o Canadá apresenta bons dados no que se refere aos artigos, principalmente em STIs e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos. No entanto nenhum registro de patente foi encontrado para esses temas.

A base da União Europeia (EPO) traz os seguintes resultados: STI com 4 registros; a palavra-chave mais genérica *Education and Artificial Intelligence* foi a que contou com o maior número de registros (34), PLN e Educação apenas 1 ocorrência, Aprendizagem Colaborativa também com 1. Já para Jogos Sérios, temos 24 registros e MOOCs aparecem com 4. O total da EPO é de 68 patentes nos últimos três anos. A surpresa com estes dados se refere ao PLN, pois vários países da Europa apresentam crescimento nos dados relativos aos artigos científicos para essa palavra-chave. Ainda, países como Reino Unido possuem grandes empresas que atuam fortemente em PLN.

Na base Inpi do Brasil, aparecem apenas 14 patentes, no total para os temas englobados neste trabalho, todas em Jogos Sérios. Os 14 registros foram feitos antes de 2014, ou seja, nos últimos três anos, não houve novas ocorrências.

Numa análise geral dos números de todas as bases, se somarmos os registros de algoritmos, sistemas, processos para Afetividade/Emoções, encontraremos apenas 3 patentes, o que contrasta com o número crescente de empresas existentes na área, como poderemos verificar adiante neste texto. Encontramos essas patentes registradas, em muitos casos, na palavra-chave *Natural Language Processing*, pois Afetividade/Emoções é utilizada em reconhecimento de voz e texto e, também, vinculada a robôs que detectam ou expressam emoções (cão robô da Sony, bonecos de brinquedos, etc.).

PLN possui o maior número de patentes, com 360 registros. As patentes de PLN e Educação são registradas, na USTPO, principalmente por empresas, como Google, IBM, Nuance, além de alguns aplicativos do Skype. *Startups* também têm realizado registros de patentes em PLN e Afetividade, como será apresentado à frente, na seção de tendências.

Os STIs apresentam 49 ocorrências e os Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, 1 registro, feito em 2017. Para essas palavras-chave, o uso de registros em *Creative Commons* é predominante. Os Jogos Educacionais apresentam 30 ocorrências e os Jogos Sérios, 35, porém, como já ponderamos, a maioria deles trata de aplicações para entretenimento, embora, em muitos casos, o resumo do registro inclua o termo *Education*.

A Robótica Inteligente Educacional possui 175 registros – sem dúvidas, é a área que mais registra, por se tratar de *hardware*. Cabe lembrar que a grande parte desses registros trata de um mesmo robô ou de partes de um. Dessa forma, o mesmo equipamento está vinculado a mais de um registro de patente. Fato similar ocorre com as publicações de Robótica Inteligente Educacional, em que os artigos descrevem determinado robô que é inteligente e que apresenta ou possibilidades para ser utilizado na Educação ou utilização no ensino superior para instrução da própria Robótica ou, ainda, uso na educação fundamental, tendo suas habilidades inteligentes pouco exploradas. Ou seja, no estágio atual, o uso de robôs inteligentes nos ensinos fundamental e médio, como no caso do robô NAO, na Alemanha (ensino da língua alemã) a aplicação já vem programada. Ou, então, como é utilizado na França, os alunos apenas aprendem a programar movimentos dos membros do robô.

## **4.2 Análise e interpretação dos dados das bases de artigos científicos**

A pesquisa bibliográfica foi a mais eficiente para esta análise. Com base em artigos científicos publicados nos últimos três anos, foi possível constatar o que se segue.

Para *Education and Natural Language Processing*, somando-se ambas as bases Scopus e WOS, encontramos 696 artigos que englobam fala, tradução, escrita e geração da língua aplicadas a Sistemas Educacionais,

em geral. Na maioria dos casos, a fim de tornar as interfaces com os alunos mais amigáveis, mas também para correção automática de textos escritos por eles e, em menor escala, para a geração automática de textos educacionais personalizados. É possível, também, afirmar que a área vem crescendo, com 50 artigos em 2014, 65 em 2015, 87 em 2016 e 25 até maio de 2017.

Já na base Scopus, PLN surge vinculado a outras tecnologias. Sendo assim, para o cruzamento de PLN e Emoções, foram encontrados 635 artigos, com tendência de crescimento ano a ano: 2013 (54), 2014 (75), 2015 (87), 2016 (91) e 2017 (39). Aplicações de PLN em Robótica Inteligente Educacional, também, apresenta crescimento nos últimos três anos, com um total de 33 artigos. Destes, muitos se referem a robôs de *software*. Esses dados levaram à seleção de PLN como um tema transversal à pesquisa.

A área de Afetividade/Emoção Computacional, diferentemente do que acontece com as patentes, vem crescendo tanto em artigos que abordam STIs e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, com o uso de Agentes Pedagógicos Animados/Assistentes Pessoais de Aprendizagem para a comunicação com o aluno, como em LMSs, Jogos Sérios e Robótica Inteligente em geral. Como já mencionado, também existe o cruzamento entre o PLN (detecção de emoções em textos) e a Afetividade. Dentre os 272 estudos de Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos e dentre os 3.859 de STIs, 217 citam ou usam, minimamente, os termos Afetividade e/ou Emoções. Ainda, fazendo a Intersecção de Afetividade/Emoções com *Collaborative Learning*, encontramos 97 artigos. Estes apontam o seu emprego em LMSs, por exemplo. Já para os sobre Aprendizagem Colaborativa e Jogos Sérios e Afetividade/Emoções foram encontrados 107 documentos. Finalmente, para a Robótica Inteligente Educacional e Afetividade/Emoções, localizamos 56. Mas vale a pena apontar que a área de Robótica Inteligente e Afetividade/Emoções conta com um número expressivo de artigos (1.180), o que demonstra o quanto Afetividade vem sendo utilizada na Robótica, em geral.

Na base de dados WOS, encontramos para Afetividade/Emoções 639 arquivos. Destes, 168 artigos são sobre Sistemas Tutores Inteligentes

Afetivos. Para *Collaborative Learning* e IA, recuperamos 57 ocorrências. Para *Collaborative Learning* e LMSs, 194 artigos. Dentre eles, se cruzarmos o primeiro com Afetividade/Emoções, temos 97 ocorrências. Para Jogos Sérios e Emoções/Afetividade, encontramos 182 ocorrências. A área de Robótica Afetividade/Emoções conta com 483 registros. Mas, para Robótica Inteligente e Afetividade/Emoções e Educação, o número cai para 9, confirmando as tendências da base Scopus.

Os dados para a área de Afetividade/Emoções contribuíram para que ela também fosse considerada como um tema transversal a esta pesquisa.

### **4.3 Análise e interpretação dos dados das bases de teses e dissertações**

A base de teses e dissertações apresenta dados significativos para as áreas-foco aqui estudadas. Infelizmente, não é possível especializar a busca nessa base. Mas, independentemente da restrição, aplicações da IA na Educação possuem um número grande de teses e dissertações (3.948). Já a área de IA, como um todo, apresenta 6.241 documentos, ou seja, só o recorte de P&D considerado na presente pesquisa corresponde à metade do que se pesquisa em IA atualmente.

Ao olhar com maior detalhe para a base de teses e dissertações, é possível identificar que Jogos Educacionais possui 847 ocorrências – é o maior número registrado nesse tipo de base. Já *Serious Games* apresenta 313 registros, mesmo sendo uma área nova. Para STIs são 365, e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, 38. PLN e Educação têm 65 ocorrências, o que é um número pequeno se comparado aos artigos e às patentes. Isso pode ser explicado pelo fato de que a maior parte desta tecnologia está sendo realizada por empresas e não mais pela Academia.

Como nas demais bases, *Collaborative Learning* apresenta o número expressivo de 1.784, mas destas apenas 35 tratam especificamente do tema Sistemas Colaborativos Inteligentes.

Nesse contexto, os MOOCs, com 197 documentos, apresentam um crescimento significativo se comparados com STIs Afetivos, por exemplo. Em

nossa opinião, isso se deu pelo alto investimento realizado por várias universidades americanas entre 2008 e 2016.

Além da leitura de artigos selecionados das bases Scopus e WOS, também foi realizada a leitura de alguns artigos considerados pelos editores, de diferentes periódicos, como sendo de “prospecção tecnológica”. Como ainda não foram publicados, esses documentos não constavam das bases. No entanto foram úteis para apontar tendências e corroborar a seleção das tecnologias.

As bases de patentes nos mostraram poucos registros em relação aos artigos e às teses e dissertações. Mas suas informações agregaram valor para a escolha das tecnologias e para a seleção das empresas utilizadas como exemplo neste texto.

A análise e a interpretação dos dados levantados na primeira etapa metodológica ofereceram a base necessária para o desenvolvimento da segunda etapa, na qual foi elaborado o *Roadmap* Tecnológico, que indica as tendências da IA no campo da Educação para os períodos de 2017 a 2020 e de 2020 a 2030, conforme veremos no capítulo seguinte.



## 5 ROADMAP TECNOLÓGICO: PROSPECÇÃO

Esta seção apresenta a segunda etapa metodológica adotada na pesquisa, a qual trata da elaboração da prospecção em termos das tecnologias de IA para as áreas-foco deste trabalho. Para identificação de tendências apontadas pelo *Roadmap*, foi realizada a coleta e a análise dos dados apresentados anteriormente.

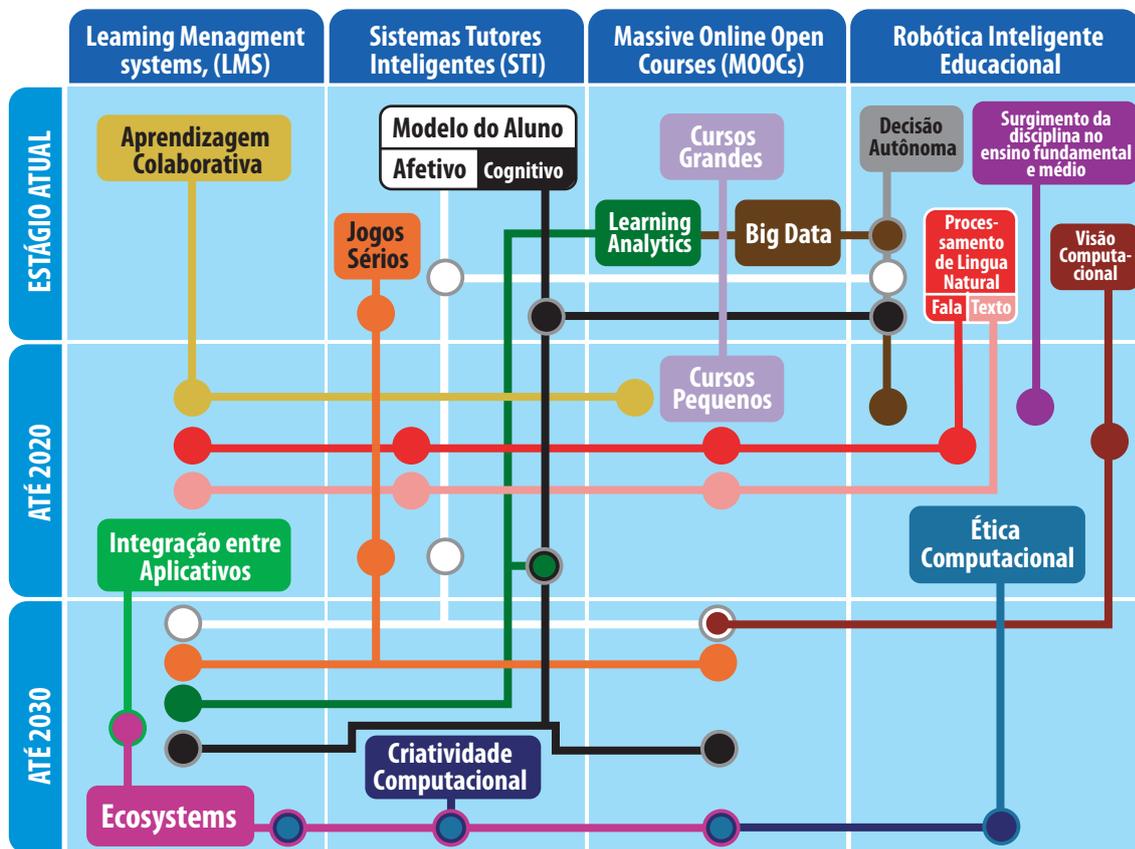
O *Roadmap* está organizado em três períodos de tempo: atual (2017), curto prazo (2017 a 2020) e médio prazo (2020 a 2030). O estabelecimento desses períodos está vinculado, principalmente, aos produtos prospectados que estão sendo lançados no mercado por grandes empresas ou mesmo por *startups*. Por exemplo, já existe uma oferta considerável de produtos de PLN e, também, de sistemas que reconhecem ou geram Afetividade/Emoções. Em grande parte dos artigos e produtos, as duas tecnologias caminham juntas. Esses fatos levam à prospecção de que elas podem ser incorporadas aos diferentes sistemas de ensino-aprendizagem em curto espaço de tempo (até 2020). A incorporação vai depender do quanto o custo desses produtos será acessível para a Educação.

Já o intervalo 2020-2030 é maior, pois traz tecnologias embrionárias em termos de aplicações concretas em larga escala, como a Criatividade e a Ética Computacional. Essas tecnologias são temas

de pesquisa no momento atual e, por esse motivo, foram prospectadas com base nos artigos e teses/dissertações catalogadas na palavra-chave genérica *Artificial Intelligence and Education*.

Conforme representado na figura 23, logo abaixo, o *Roadmap* é composto por linhas e colunas. Nas linhas estão representados os intervalos de tempo: estágio atual (2017), curto prazo (2017 a 2020) e médio prazo (2020 a 2030). Nas colunas estão representadas as áreas da computação: os LMSs, que são os Sistemas de Gestão da Aprendizagem; os STIs; os MOOCs; e a Robótica Educacional.

**Figura 23** – *Roadmap* tecnológico: prospecção das tendências em Inteligência Artificial na Educação até 2030



Fonte: elaboração própria.

As linhas e as colunas geram espaços que contêm retângulos com texto. Cada retângulo representa uma tecnologia selecionada como existente atualmente (2017), ou que está surgindo como tendência (intervalos 2017-2020 e 2020-2030). Ou seja, os retângulos estão alocados em um

período de prospecção e vinculados à área em que a tecnologia surgiu ou foi incorporada pela IA na Educação.

Os círculos representam períodos de produtividade (produção de novidades) de uma tecnologia. Por exemplo, dentre as tecnologias apresentadas nas colunas, o **PNL (Fala)** foi incorporado primeiro na Robótica, no estágio atual, e, até o ano de 2020, deve fazer parte da realidade dos LMSs, dos STIs e dos MOOCs. Por isso, o círculo vermelho surge vinculado a um retângulo que representa o PNL, e a linha vermelha se expande tanto no sentido vertical (dentro das áreas) quanto no sentido lateral (dentro dos períodos de tempo), indicando que essa tecnologia chegará aos referidos sistemas educacionais entre 2017 e 2020. Isso não significa que, após o período, essa tecnologia será abandonada. Na verdade, os círculos representam momentos nos quais haverá novidades que poderão ser incorporadas pelos sistemas educacionais. O retângulo PLN está dividido em dois componentes (Fala e Texto). Da mesma forma que acontece para PLN (Fala), a componente texto do PLN também tem sua trajetória partindo da Robótica e migrando para os demais sistemas. A escrita permite não apenas a comunicação entre humanos e as máquinas, sua compreensão possibilita também a correção automática de textos escritos por alunos, além da geração destes, pela máquina, para os alunos.

Outra tendência é a **Aprendizagem Colaborativa**, que se encontra no estágio atual (2017) vinculada aos LMSs (Sistemas de Gestão de Aprendizagem) e permanece sendo aplicada nesse tipo de sistema em 2020, expandindo-se também no período para MOOCs. A Aprendizagem Colaborativa não faz parte das tecnologias de STIs, por esse motivo, não existe um círculo amarelo quando a linha cruza a área do *Roadmap* destinada aos STIs.

Quando o *Roadmap* inclui o termo “**Modelo do Aluno**” no estágio atual, está indicando a personalização que já ocorre atualmente nos STIs, por meio do modelo cognitivo e afetivo de cada aluno. A componente cognitiva representa o conhecimento do estudante sobre o tema ensinado, e a componente afetiva representa seu estado afetivo durante a interação com o tutor. Por exemplo, o aluno pode estar feliz por ter conseguido

resolver um problema ou estar cansado, pois não consegue dirimi-lo. A prospecção realizada indica que, após 2020, o Modelo do Aluno (cognitivo/afetivo) deve chegar aos outros sistemas de ensino-aprendizagem (LMSs e MOOCs). Por esse motivo, o *Roadmap* indica o deslocamento dos círculos e das linhas brancas e pretas. Isso significa que os LMSs e MOOCs tendem a ser personalizados para melhor atender a cada um, incluindo aqui a personalização do conteúdo educacional através de Objetos de Aprendizagem, Recursos Educacionais Abertos, *Smartbooks* e avaliações personalizadas que vão fornecer itinerários de aprendizagem customizados para cada aluno.

O *Roadmap* também apresenta linhas que se sobrepõem e formam círculos com mais de uma cor. Por exemplo, a linha preta que inicia, no estágio atual, na área de STIs (modelo cognitivo/afetivo do aluno) segue para Robótica, sempre no estágio atual, e sobrepõe-se à linha cinza, que se inicia na Robótica (Decisão Autônoma) e se expande para STIs. O significado destas linhas e círculos é que, para uma máquina decidir de forma autônoma (por exemplo, sem ser comandada por um humano com um controle remoto), ela precisa de conhecimento e/ou informações que serão utilizados por algoritmos de tomada de decisão. Essa capacidade já existente nos robôs, no período atual, também está presente nos STIs, que podem decidir, por si, qual a melhor estratégia pedagógica para ser utilizada com o aluno em cada momento. Assim, muitas das tecnologias representadas no *Roadmap*, seguem lado a lado e sua aplicação é representada pela intersecção das linhas e dos círculos.

*Big Data* e *Learning Analytics* surgiram, no contexto educacional, vinculados aos MOOCs. Estes geraram grandes quantidades de dados e, para recuperá-los e analisá-los, surgiram novas tecnologias, como o *Big Data* e o *Learning Analytics*. O primeiro refere-se a um grande e complexo conjunto de dados armazenados cujo processamento tradicional não consegue lidar (análise, captura, curadoria de dados, pesquisa, compartilhamento, armazenamento, transferência, visualização e informações sobre privacidade dos dados). Muitas vezes, ele se refere ao uso de análise preditiva e métodos avançados para extrair valor de dados (*Data Analytics*). Uma maior precisão nos dados pode levar à tomada de decisões com mais confiança. Além disso, melhores decisões podem significar

maior eficiência operacional, redução de risco e redução de custos. No contexto educacional, *Data Analytics* deu origem ao *Learning Analytics*. Estas tecnologias que surgiram vinculadas aos MOOCs são também utilizadas pela Robótica, por STIs e também por LMSs. O objetivo é buscar entender o que acontece com o comportamento dos alunos durante os cursos. Tais tecnologias permitem, por exemplo, prever pontos de um curso onde os estudantes encontram maiores dificuldades ou tendências para o abandono dos estudos. Como as informações servem para os sistemas tomarem decisões ou apontar pontos para que os humanos as façam com relação aos conteúdos e/ou organizações dos cursos, pode ser observado que a linha do *Big Data* sobrepõe-se à linha do conhecimento cognitivo e do afetivo, pois ambos servem para a tomada de decisões, tanto para a Robótica quanto para os STIs em 2020.

O *Roadmap*, também, apresenta retângulos que estão conectados por linhas, como o retângulo lilás que traz o texto “**cursos grandes**” (que não é uma tecnologia). Ele representa uma característica atual dos MOOCs, cuja tendência é mudar para “**cursos pequenos**”, mas sempre vinculada a essa categoria, sem se expandir para outras áreas.

A seleção e a organização dessas tecnologias no *Roadmap* não só levam em consideração os dados obtidos na etapa metodológica anterior, mas também a semântica contida em artigos, teses, dissertações e patentes que foram encontradas. Por exemplo, as tecnologias inseridas na área da **Robótica Educacional** tiveram origem em artigos de Robótica Inteligente relacionados, principalmente, à Decisão Autônoma e à Visão Computacional, e em patentes que resultaram em produtos – robô NAO e robôs para futebol (mais detalhes no capítulo sobre Robótica Inteligente Educacional). A associação de PLN e Robótica surgiu, principalmente, de produtos prospectados através das patentes registradas sob os termos *Robotics AND Education AND “artificial intelligence”*. Os artigos, as teses e as dissertações também indicaram que a Robótica Educacional já faz parte do currículo dos ensinos médio e fundamental de algumas escolas. Essa tendência deve se ampliar a partir de 2020, chegando a um maior número de instituições de ensino. Por esse motivo, a linha roxa avança para depois de 2020.

A **Visão Computacional** está ligada ao reconhecimento de imagens. Essa tecnologia surgiu vinculada à Robótica para permitir que os robôs reconhecessem os caminhos e os objetos existentes em seu deslocamento. Atualmente, é usada, também, para reconhecer pessoas. O reconhecimento de faces pode ser muito útil em sistemas de ensino virtual para identificar os alunos. Por exemplo, durante a realização de um teste virtual, em um MOOC ou mesmo em um LMS, pode ser importante ter a certeza da autenticidade de um aluno que esteja respondendo a um questionário. No entanto essa tecnologia é, ainda, muito cara para sistemas educacionais, por esse motivo, mesmo que ela já exista, sua possível incorporação deve acontecer com maior lentidão (por volta de 2030).

A **Criatividade Computacional** é um tema de pesquisa relativamente novo, seu surgimento está ligado às artes, em particular à produção artística da chamada arte computacional, vinculada à programação através de modelos matemáticos e da ótica (visão e reconhecimento de imagens). Recentemente, em 2016, o tema tem sido apresentado ligado aos STIs e à Robótica – no *Roadmap*, optamos por colocá-lo vinculado aos STIs no período 2020-2030, mas poderia também estar localizado no espaço da Robótica. Nos sistemas de ensino-aprendizagem, espera-se que as aplicações da Criatividade Computacional permitam, entre outras coisas, a geração de exemplos e exercícios criativos para enriquecer o conteúdo educacional, de forma *on-line*. Isso poderá acontecer através da integração de aplicativos, como bancos de Objetos de Aprendizagem, recursos educacionais abertos, *web*, etc. Em um futuro de longo prazo, quem sabe, tais sistemas poderão reconhecer atividades criativas realizadas pelos alunos.

A **Ética Computacional** surgiu por volta do ano de 2004 e vem se desenvolvendo lentamente, principalmente ligada à Robótica. Essa tecnologia não é tão futurista quanto pode parecer: em 2017, uma escola secundária dinamarquesa recebeu a visita de um robô japonês inteligente, já estimulando uma discussão sobre as implicações éticas da IA na Educação. O Google registrou uma patente sobre personalidades de robô, similar às “personalidades genuínas de pessoas” (patente dos Estados Unidos 8.996.429). No contexto educacional, por exemplo, Assistentes Pessoais de Aprendizagem poderão possuir a personalidade que mais se adeque

a cada aluno, buscando incentivar princípios éticos. Em muitos artigos estudados neste trabalho, a Ética Computacional surge vinculada à Criatividade Computacional. A teoria mais difundida para sua implementação computacional está ligada a um protocolo que se inspira nos textos de São Tomás de Aquino. A tendência é a de que ela seja aplicada a todos os sistemas de IA.

Os **Jogos Sérios (Serious Games)** também aparecem no *Roadmap* em função do número de artigos e patentes que foram identificados sobre essa tecnologia. No momento atual, embora exista uma grande produção desse tipo de jogos, seu propósito não é prioritariamente educacional, muito embora, quando do seu surgimento, como uma derivação de Jogos Educacionais, esse fosse o seu propósito. Como os Jogos Sérios utilizam tecnologias mais sofisticadas para sua construção, como IA, Realidade Virtual e Realidade Aumentada, o custo de desenvolvimento é ainda muito caro. Daí o fato de seu caminho ter seguido para o entretenimento ou para aplicações no ensino superior, como na área da Saúde. Atualmente, essa categoria pode ser encontrada como parte de atividades de STI, pois trata-se de sistemas de IA. Espera-se que a diminuição do custo de sua produção chegue também aos LMSs. No entanto sua existência no contexto educacional atual tende a ser independente, isto é, desvinculada de sistemas educacionais.

A **Integração de Aplicativos** surge no *Roadmap* vinculada aos LMSs, pois o estudo das tendências para os sistemas educacionais futuros, até o momento, indica que sua evolução segue uma linha semelhante à das plataformas LMSs, com a agregação de componentes típicos de ITSs, MOOCs e Robótica Inteligente, como já vem sendo apresentado neste texto. No entanto, além da migração de tecnologias típicas de sistemas educacionais, os ambientes educacionais do futuro tendem a ser mais abrangentes, isto é, conectados com aplicações, como banco de dados, repositórios de objetos de aprendizagem, sistemas de localização, sistemas de tradução simultânea (voz e imagem), podendo incluir tanto *software* quanto *hardware*. O grande fator desta integração será a interface desses novos sistemas educacionais, a qual poderá ser 3D, vestível ou até holográfica, no longo prazo (fora do período do estudo).

No *Roadmap* é possível visualizar como essas tecnologias são incorporadas por uma ou mais áreas-foco desta pesquisa, resultando em sua integração, total ou parcial, na proposta dos *Ecosystems* ou Ecossistemas Educacionais (tradução livre). A tendência da integração dos sistemas educacionais – através da passagem de características e informações de uns para outros, gerando, dessa forma, os chamados **Ecossistemas Educacionais** – surgiu de 9 artigos, todos publicados em 2017, (alguns classificados como de prospecção tecnológica pelas revistas nas quais estavam sendo avaliados para publicação, de *sites* de grandes empresas, como Samsung e Google, e, também, de produtos como o Socrative (ver capítulo sobre tendências para LMSs). Em suma, para que surjam essas novas arquiteturas de sistemas educacionais, será necessária a integração entre aplicativos já existentes ou novos produtos que possam ser utilizados com finalidade educacional.

A seguir, serão apresentadas as tendências tecnológicas baseadas em IA para o campo da Educação, prospectadas para o período entre 2017 e 2030 e que estão representadas no *Roadmap Tecnológico* mostrado anteriormente.

## 5.1 Estágio atual: 2017

Com base nas informações contidas no estágio atual do *Roadmap Tecnológico*, destacamos as seguintes tecnologias baseadas em IA no campo da Educação presentes em 2017:

- Aprendizagem Colaborativa para plataformas LMSs.
- STIs que oferecem ensino personalizado.
- Jogos Sérios (*Serious Games*) que incorporam IA, independentes ou vinculados aos STIs.
- Cursos grandes nas plataformas de MOOCs.
- Robótica Inteligente Educacional, ainda, é embrionária com o uso de robôs inteligentes pré-programados. A Robótica Educacional começa a fazer parte do currículo fundamental e médio de algumas escolas, porém sem a utilização de IA.
- Visão computacional na Robótica.

- PLN, que trata da compreensão, da tradução e da geração da língua escrita e falada.

Atualmente, como principais áreas de pesquisa para a IA na Educação, temos *Learning Analytics*, Afetividade/Emoções e PLN.

**A Aprendizagem Colaborativa**, entendida como uma parte da IA aplicada à Educação, trata de como os alunos podem colaborar para a solução de problemas, ou seja, contempla as ferramentas que possibilitam colaboração em ambientes virtuais. No entanto é também uma estratégia de ensino-aprendizagem adotada, principalmente, em plataformas LMSs. No *Roadmap*, a Aprendizagem Colaborativa ingressa através de LMSs e as tendências apontam sua expansão para MOOCs no curto prazo.

**Ensino Personalizado** é a estratégia de ensino-aprendizagem utilizada por STIs, contraponto ao ensino colaborativo. Sua implementação é suportada pelas informações do modelo afetivo e cognitivo do aluno. Na bibliografia consultada, foram identificados, também, modelos de personalidade do estudante. Essas informações sobre o modelo afetivo e cognitivo do aluno e sua personalidade são utilizadas para que os desafios, o conteúdo e mesmo as avaliações estejam de acordo com o grau de conhecimento e o estado afetivo de cada um. No *Roadmap*, o ensino personalizado ingressa por STIs e a tendência aponta sua utilização também em LMSs e MOOCs, com o apoio dos dados do modelo do aluno no médio prazo. Para implementar o tal modelo, pode ser utilizada qualquer das tecnologias de representação do conhecimento (redes neurais, redes probabilísticas, etc.), típicas da IA.

**Jogos Sérios**, em grande parte dos casos, são jogos educacionais que, no estágio atual de seu desenvolvimento, utilizam pouca IA. A maioria diz respeito a ambientes de ensino virtuais que passaram por gamificação, uma técnica que vem sendo usada no desenvolvimento de sistemas educacionais. Do ponto de vista do usuário, trata-se de incluir características típicas de jogos, como pontuações, premiações, níveis de dificuldade, etc., visando manter o interesse do aluno. Além disso, mantém um modelo de interação ao qual o estudante já se encontra acostumado, pois é uma prática da geração atual utilizar jogos computacionais. Os Jogos Sérios aparecem no estágio atual e, na maioria dos casos, ainda

são utilizados educacionalmente de forma isolada. No entanto existem STIs que os incorporam como parte de suas estratégias de ensino.

**Tomada de Decisão Autônoma** é a capacidade de uma máquina ou um programa escolher/decidir qual será o próximo passo, sem a interferência humana. Atualmente, a Decisão Autônoma é amplamente utilizada na Robótica, mas também é utilizada em STI, embora, em cada caso, ela seja efetuada de forma diferente. Nos robôs, a decisão autônoma pode estar baseada em heurísticas, em *Big Data* e *Data Analytics*, na Visão Computacional (sensores), etc. Já nos STIs, ela acontece com base nas informações constantes no modelo do aluno (cognitivas, afetivas, personalidade, desempenho, etc.). As tendências observadas nos textos consultados apontam para maior integração entre as diferentes formas de se realizar a tomada de decisão autônoma.

*Data Analytics* é uma junção de técnicas de *Data Mining* com técnicas estatísticas de predição. Os dados são extraídos e categorizados para analisar e identificar padrões de dados comportamentais. Esse tema deu origem ao **Learning Analytics**, que permite realizar predições em sistemas educacionais em que é possível, por exemplo, identificar padrões de comportamentos de alunos que têm tendência a abandonar o curso, com base em dados de turmas mais antigas.

Os termos **Afetividade/Emoções** são usados como sinônimos nos artigos e patentes identificados na pesquisa. Os sistemas afetivos/emocionais expressam emoções ou podem reconhecer estados afetivos, como alegria, tristeza, frustração, desânimo, humor, etc. Esses sistemas são desenvolvidos utilizando-se de várias técnicas da IA, como a representação do conhecimento e o reconhecimento de padrões. Atualmente, essa tecnologia é usada em robôs que possam captar e transmitir emoções, como o Robô NAO. A tendência na Educação é que ela permita que as máquinas capturem e traduzam os diferentes estados afetivos dos alunos e utilizem essas informações para personalizar o seu processo de aprendizagem ou, ainda, gerar emoções na sua comunicação. Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos já utilizam essa tecnologia atualmente, embora ainda em estágio experimental.

Os **MOOCs** oferecem cursos grandes e a tendência é que, em curto prazo, eles diminuam em termos de conteúdo por meio do oferecimento de cursos divididos em módulos menores, autocontidos e com a possibilidade de serem integrados em aulas presenciais tradicionais, ou seja, parte do curso pode ser realizada *on-line* e parte presencial.

A **Robótica Inteligente Educacional**, como existe atualmente nas escolas, está restrita ao uso de robôs inteligentes, pré-programados e não comumente utiliza a IA, além disso, faz parte apenas de um grupo seleto de instituições nos ensinos fundamental e médio.

A **Visão Computacional** desenvolve teorias e tecnologias para a construção de sistemas artificiais que obtêm informação de imagens ou quaisquer dados multidimensionais. Atualmente, no contexto educacional, está associada apenas à Robótica.

**Processamento de Linguagem Natural (PLN)** é um dos temas que surgiu com a IA e, embora tenha ficado latente durante vários anos, ressurgiu com força recentemente, graças a dois fatores: o poder computacional das máquinas atuais; e dos produtos e serviços de empresas. O PLN trata da compreensão da linguagem, da tradução e da geração da língua tanto falada quanto escrita. Para isso, são utilizadas várias tecnologias da IA e da estatística que já estão começando a ser usadas na Educação para correção de textos escritos pelos alunos e tradução simultânea de texto e voz.

Partindo do estágio atual apontado pelo *Roadmap* tecnológico, a seguir serão apresentadas as tendências tecnológicas em IA no campo da Educação para o curto prazo (2017 a 2020) e o médio prazo (2020 a 2030). No primeiro, temos a ampliação das tecnologias **atuais**, que estão começando a influenciar outras áreas representadas **nas colunas do Roadmap**, e a entrada de **novas tecnologias**, que, de acordo com os dados levantados, apresentam propensão de alta. Por fim, no médio prazo, temos a entrada das tecnologias que já existem em termos de P&D, mas que, ainda, não foram incorporadas à área educacional e representam um potencial para os sistemas educacionais, como a Visão Computacional.

## 5.2 Curto prazo: 2017 a 2020

A seguir, conheça as tendências tecnológicas baseadas em IA para o campo da Educação que foram prospectadas para o período entre 2017 e 2020 e estão representadas no *Roadmap* mostrado anteriormente:

- **PLN aplicado à Educação** para tradução simultânea de voz (em tempo real) e para textos. No *Roadmap*, optamos por colocar o PLN ingressando pela Robótica, mas que poderia ser vinculado também aos STIs (os artigos são confusos nesse sentido), se expandindo para as demais tecnologias no curto prazo. Na Educação, o PLN vai contribuir cada vez mais para o intercâmbio entre alunos de nacionalidades diferentes e para a transmissão em tempo real de aulas em línguas distintas, as quais serão traduzidas para os estudantes. Por exemplo, um professor pode dar uma aula na Alemanha para alunos brasileiros que a ouvirão ao vivo em português graças à tradução automática favorecida pelo PLN. Essa utilização já começa a aparecer de modo informal, mas deve se consolidar através de novos aplicativos no decorrer do curto e médio prazos.
- **Afetividade/Emoções**, no *Roadmap*, ingressa por STIs e a tendência aponta para seu uso também nas plataformas LMSs, MOOCs e na Robótica Educacional para análise de textos e voz, e para detectar emoções através da face do aluno.
- A disciplina de **Robótica Educacional** estará mais presente nos currículos das escolas, inclusive nos ensinos fundamental e médio, em função da diminuição dos custos desse tipo de tecnologia.
- O **Ensino Personalizado**, favorecido pelos STIs por meio do modelo afetivo/cognitivo do aluno, será utilizado também para geração automática de livros didáticos personalizados, os **SmartBooks**, que serão customizados de acordo com o conhecimento e perfil de cada aluno. Por exemplo, a partir do estilo de aprendizagem de um estudante, o livro pode trazer um mesmo conteúdo de forma mais visual ou baseado em definições formais, em exemplos, etc.

- **Learning Analytics** refere-se à interpretação de ampla gama de dados produzidos por alunos e reunidos a fim de avaliar seu progresso acadêmico, prever o desempenho futuro e detectar possíveis problemas. Essa tecnologia surgiu nos MOOCs (já está presente em 2017) e vem se expandindo para as demais áreas, de forma que, no curto prazo, as aplicações de *Learning Analytics* estarão presentes, também, em STIs e em plataformas LMSs (2020). A tendência é crescente, segundo os artigos, ou seja, deve continuar produzindo novidades também no médio prazo.
- Os cursos **MOOCs** tendem a ser menores e serão utilizados de forma mista, ou seja, os alunos poderão optar por realizar alguns módulos através das plataformas e atividades práticas nos laboratórios.
- Uso de **Redes Sociais** nas plataformas LMSs.
- **Visão Computacional** no contexto educacional começou na Robótica e o prognóstico é que, no curto prazo, ela migre para os STIs, plataformas LMSs e MOOCs, tanto para reconhecimento de aspectos emocionais, quanto para certificação da identidade dos alunos.

Ainda, cabe menção para algumas tecnologias, como a **Internet das Coisas (IoT)**, o **Armazenamento de Conteúdo Educacional em Nuvens** e a **Internet por Satélite**, que são da Computação e Telecomunicação, mas que afetarão a IA e os sistemas educacionais no curto prazo.

A **IoT** trata-se de um protocolo de comunicação que visa integrar elementos físicos (objetos) à internet. Em experiências educacionais, por exemplo, através do uso de uma *smartbox* (um dispositivo que conecta sensores ao computador e capta movimentos no ambiente externo), é possível fazer com que, quando um aluno segure em sua mão um objeto físico, este apareça no monitor do computador ou dispositivo móvel, podendo ser manipulado virtualmente e também reconhecido para uma busca de informações, na internet, a seu respeito. Se o objeto físico for uma maçã, poderemos, no futuro, agregar cheiro, tato, informações sobre a fruta, etc. A possibilidade de conectar objetos à internet vai impactar os sistemas educacionais (ITSs, LMSs e MOOCs) e os processos de ensino-aprendizagem. No contexto da educação profissional, no qual a

manipulação e o fazer prático têm grande importância, a IoT pode vir a proporcionar interessantes experimentos e simulações. Esse tema está presente em 404 artigos sobre IoT e Educação, com tendência crescente: 2014 (54), 2015 (83), 2016 (132) e 2017 (47).

**Computação em Nuvens** é um modelo para permitir acesso sob demanda a um conjunto compartilhado de recursos computacionais configuráveis, que podem ser rapidamente integrados com um mínimo esforço de gestão. Alguns fornecedores de nuvem estão experimentando taxas de crescimento de 50% ao ano, mas essa tecnologia, ainda, está em um estágio de infância, pois existem problemas de privacidade e segurança que ainda precisam ser tratados adequadamente para convencimento de um grande grupo de usuários. Tais serviços já são muito úteis para a Educação. As escolas, independentemente de seu tamanho, podem utilizar essa capacidade de armazenamento e computação para os seus dados e conteúdos, que podem ser acessados por professores e alunos de qualquer local.

**Em relação a WI-FI**, existe uma iniciativa privada para o lançamento de 4 mil satélites pequenos para a órbita terrestre, os quais irão transmitir um sinal sem fio de alta velocidade para todos no planeta até 2020. Certamente, o acesso universal a uma rede de alta velocidade vai beneficiar um número muito maior de usuários, potencializando, assim, o ensino em todo lugar.

**Realidade Virtual** é uma tecnologia de interface humano-computador avançada. Seu objetivo é recriar ao máximo a sensação de realidade para o usuário. Para isso, a interação é realizada em tempo real com o uso de técnicas e de equipamentos computacionais que ajudam na ampliação do sentimento de presença no usuário. A Realidade Virtual já vem sendo utilizada, por exemplo, no ensino da Medicina, na simulação de visitas a edifícios, museus, etc., e, também, em Jogos Sérios. Os equipamentos estão diminuindo seu custo e o uso vem se tornando mais confortável. Em muitos casos, é criado um personagem virtual (avatar), que representa o usuário “dentro” do sistema. Este se locomove, virtualmente, pelo espaço e interage com ele através de seu avatar.

**Realidade Aumentada** é uma tecnologia utilizada para unir o mundo real com o virtual por meio da utilização de um marcador, *webcam* ou *smartphone* (*IOS* ou *Android*), ou seja, visa à inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrados ao usuário em tempo real. São tendências das tecnologias de IA e Educação para o período de 2020 a 2030. A Realidade Aumentada permite que pequenos componentes de uma figura, como a do corpo humano, possam ser ampliados e visualizados em detalhe, com o simples gesto de apontar a lente da câmara fotográfica de um celular para o ponto desejado.

Para identificação das tendências tecnológicas apontadas no *Roadmap*, que são ou poderão ser aplicadas a sistemas educacionais no curto prazo, analisamos artigos selecionados da conferência *Intelligent Tutoring Systems* e das revistas *Computer and Education* e *Artificial Intelligence and Education*, as quais foram as mesmas utilizadas na etapa da extração e seleção das palavras-chave usadas nas buscas em bases de patentes e de artigos científicos. Estes veículos de publicação científica são indexados nas bases pesquisadas e têm sua origem, predominantemente, em teses e dissertações. Os dados especializados corroboraram para a identificação de parte das tecnologias que constam no *Roadmap*, principalmente no curto prazo.

Nas conferências da *Intelligent Tutoring Systems*, que ocorre de dois em dois anos, tivemos, em 2014, 76 artigos<sup>20</sup> e, em 2016, 45 aceitos para apresentação nas trilhas principais. O total de artigos não é grande, pois trata-se de uma conferência bem especializada em sistemas de ensino-aprendizagem que utilizam alguma técnica de IA no seu desenvolvimento.

O termo “*intelligent tutoring systems*” é o que congrega a maioria dos artigos, distribuídos da seguinte maneira: arquiteturas de desenvolvimento (18), experiências de uso de STIs (9), modelo do estudante (8), metodologias de ensino-aprendizagem (4) e Interface (2).

Pode ser constatada a tendência em Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, com 13 registros, e para o uso de PLN em sistemas

---

<sup>20</sup> O número de artigos submetidos para um evento depende, muitas vezes, do local onde este evento é realizado (custos, facilidade de acesso e atrações de outra natureza). A referida conferência de 2014 aconteceu em Honolulu, Hawaii, nos USA, e a de 2016, em Zagreb, na Croácia.

educacionais, 20. Esses temas foram os mais pesquisados dos últimos anos e, portanto, estão entre os mais promissores. Os artigos de STIs e Afetividade/Emoções abordam: arquiteturas de desenvolvimento (6), modelos de afetividade para capturar emoções (4) e modelos para gerar emoções (3). Já em PLN, as abordagens se concentraram em apresentar um componente que interpreta, compreende, traduz e/ou gera material em alguma linguagem natural, tanto falada quanto escrita, ou melhorar o desempenho da interface de comunicação de um STI com os alunos (14 artigos). Outros 4 apresentaram determinada tecnologia/produto baseado em PLN. Finalmente, trataram especificamente de sistemas de PLN concebidos para STIs em 2 artigos.

Na classe Educação e IA, encontram-se todos os artigos que tratam de temas variados do uso de IA em sistemas educacionais e que não utilizam, para sua classificação, um dos termos mais específicos considerados nesta pesquisa.

Para a aprendizagem baseada em jogos, os artigos foram classificados, de acordo com as tecnologias utilizadas, em: *Game-based Learning* ou em *Serious Games*. Na grande maioria, apresentaram aplicações para o ensino da Matemática (5); abordaram técnicas do uso de IA para o desenvolvimento de jogos (4) e focaram em aspectos de interface (2).

Cabe lembrar que, no que se referem aos artigos científicos, Jogos Sérios são, em sua maioria, voltados ao contexto educacional, diferente do que acontece com as patentes que usam essa categoria para registrar jogos de entretenimento.

A partir destes números, pode-se constatar que Jogos Sérios, com pouca IA, irão aparecer cada vez mais no cenário educacional nos próximos quatro anos. Essa é uma das tecnologias-foco deste trabalho, com maior distribuição da pesquisa entre os países consultados.

Jogos Educacionais, diferentemente de Jogos Sérios, em sua maioria, abordam o uso das técnicas de *videogame* para a motivação de alunos. Grande parte dos artigos trata, apenas, do uso de gamificação na Educação e apresentam algoritmos utilizados na sua programação. Logo, essa tecnologia não é uma tendência científica nem de patentes. É o que

chamamos de tecnologia estável. Os jogos tendem a ser pontuais, muitas vezes, voltados para o contexto cultural de determinado país ou região. Por exemplo, podem ser uma das estratégias de ensino utilizadas em STIs ou LMSs. Encontramos sete artigos que descrevem seu uso como parte de uma aula em um LMS.

A palavra-chave *Collaborative Learning* aborda: métodos educacionais que utilizam Aprendizagem Colaborativa (6), uso de sistemas similares aos de redes sociais em ambientes educacionais (3) e aplicações em LMSs (3). A Aprendizagem Colaborativa é realidade para LMSs e vem sendo introduzida, aos poucos, nos MOOCs.

É importante lembrar que MOOCs são uma forma de cursos. As pesquisas encontram-se vinculadas a *Learning Analytics*, a *Big Data* e ao desenvolvimento das plataformas que suportam os cursos. Os artigos sobre MOOCs abordaram, em sua maioria, avaliações de uso realizadas com técnicas de *Learning Analytics*.

Também conferimos os artigos que estavam na abrangência desta pesquisa, na revista *Computer and Education*. Como o título diz, trata-se de um veículo mais genérico, mas o selecionamos, pois é o que possui melhor classificação (indexação) científica na área. O veículo nos traz tecnologias, as quais surgiram nas buscas e deram origem ao *Roadmap*, que não faziam parte da conferência de Sistemas Tutores Inteligentes, como a Robótica Educacional.

Na *Computer and Education*, os MOOCs aparecem com maior relevância (14 artigos), destes apenas 4 tratam de LMSs e 2 de *Big Data*. Os demais apresentavam casos de uso. Mas os artigos de IA e Educação têm espaço neste renomado periódico, 7 deles possuem foco específico em IA. Em PLN e Educação, temos 3 que abordam o uso de compreensão da Língua escrita e/ou falada. Destacamos que aparece 1 artigo de Robótica Inteligente Educacional – trata-se de uma revisão do uso da Robótica na Educação, que contempla também alguns casos de Robótica Inteligente.

Ainda, analisamos os artigos do periódico *Artificial Intelligence and Education*, que, certamente, é o mais próximo do foco desta pesquisa. No periódico, a predominância das publicações está nas áreas mais

tradicionais, como STIs, com 56 artigos e sua evolução: os Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos (4) nos anos de 2016 e 2017, o que aponta tendência. O PLN e a Educação aparecem como outra tendência, com 13 artigos. Educação e IA, de forma genérica, apresentam 18 artigos. Para Aprendizagem Colaborativa vinculada aos LMSs, 7 artigos. Ou seja, o periódico traz todas as tecnologias apontadas no *Roadmap*, no estágio atual e para o curto prazo.

O foco principal dos artigos sobre STIs e também dos de IA e Educação estão na construção e utilização de tecnologias da IA (adaptação e *Machine Learning*<sup>21</sup>) para o desenvolvimento de sistemas cada vez mais adaptados às necessidades dos estudantes (tanto cognitivas, como afetivas e sociais), independentemente da metodologia de ensino-aprendizagem que se esteja utilizando nesses sistemas.

A escolha da Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*) como uma linha da IA que trará contribuições significativas nos próximos anos é feita também pela Defence Advanced Research Projects Agency – EUA (DARPA). O interesse da organização nesses sistemas está relacionado ao reconhecimento de imagens.

A área de Afetividade vem sendo incorporada, principalmente nos STIs, para detectar as emoções do estudante, para guiar as estratégias de ensino e o comportamento dos STIs, diante de cada aluno. A seleção da Afetividade/Emoções para uma das tendências deste trabalho vale tanto para o curto prazo quanto para o médio. A escolha justifica-se na revisão bibliográfica, bem como no recente surgimento de empresas na área. Dentre elas, Vokaturi e EmoVoice, que trabalham voz e emoções; Emotion API, Affectiva, nViso e Kairos, que analisam excreções faciais. Existe, desse modo, uma intersecção entre PLN e Afetividade/Emoções.

Ainda, neste periódico, temos três artigos sobre Robótica Inteligente aplicada à Educação. Optamos por descrevê-los com mais detalhes, pois representam o foco da utilização da Robótica Inteligente na Educação nos últimos três anos e, também, indicam o curto prazo para seu uso nos ensinamentos básico e fundamental.

<sup>21</sup> É um campo da IA que evoluiu do reconhecimento de padrões. Pode ser definida como o estudo que dá aos computadores a habilidade de aprender sem serem explicitamente programados para tal.

O primeiro artigo aborda a programação do robô NAO no âmbito de uma disciplina do currículo regular do ensino elementar, nível K-12 (corresponde ao ensino fundamental), nos EUA. O robô tem capacidade para fala e reconhecimento de faces (visão). O NAO inclui, além do robô humanoide, uma plataforma para a sua programação em diversas atividades.

O segundo artigo parte do princípio de que, nos próximos 25 anos, ainda, teremos professores e espaços de aprendizagem reais e virtuais, não necessariamente escolas como atualmente as conhecemos. Nesse contexto, apresenta a utilização da Robótica na forma de “cobots”, uma espécie de assistente robótico para ajudar o professor humano nas atividades de ensino-aprendizagem.

O terceiro documento aborda a Integração de Agentes Pedagógicos Animados com ambientes inteligentes de ensino-aprendizagem. Os agentes (personagens) interagem em língua natural com os alunos. Os três artigos apontam como as tecnologias de IA já existentes (desenvolvidas nos últimos 20 anos) podem tornar esses ambientes educacionais viáveis.

Se olharmos para as bases bibliográficas consultadas, existem poucos artigos sobre Robótica Inteligente Educacional. A Espanha é o país que aparece em 1º lugar, na base WOS, com 3 estudos. Os EUA vêm em 2º, com 2. Na Espanha, o uso dessa tecnologia se destaca para o ensino especial. Já o Japão, que é um dos grandes fabricantes de robôs, a utiliza no ensino fundamental para ensinar programação. Os países que mais utilizam Robótica Educacional Inteligente são os EUA e a Alemanha.

Robótica Educacional Inteligente não deverá ser amplamente utilizada nos próximos quatro a cinco anos. Nesse curto período, acontecerá apenas a introdução da disciplina de Robótica Educacional (não necessariamente Inteligente) nos currículos dos ensinos básico e fundamental em escolas de vários países. A justificativa é que os alunos precisam ser preparados para o mercado de trabalho que, cada vez mais, vem utilizando robôs. Isso vale principalmente para o ensino técnico. A Robótica Inteligente continuará mais restrita ao ensino universitário.

Também verificamos as patentes, que se encontram concentradas nas tecnologias de PLN (escrita e fala em suas vertentes de compreensão e geração),

Afetividade e Jogos. As empresas que detêm grande parte destas patentes são: Google, IBM, Microsoft, Nuance, Xerox, Inge Inc e Bright White Ltd. Quanto aos centros de pesquisa, o destaque vai para o Massachusetts Institute of Technology (MIT), com várias patentes em PLN e em Afetividade/ Emoções. A exceção vai para Jogos Sérios que, nas patentes, englobam, principalmente, jogos de entretenimento. Cabe lembrar que o termo Jogos Sérios surgiu vinculado a aplicações educacionais, embora esteja sendo utilizado, de forma mais ampla, nas bases de patentes.

De forma geral, as prospecções, tanto para os sistemas de IA quanto para os de Robótica, indicam que eles tenderão a ficar cada vez mais autônomos (percepção, adaptação, aprendizagem, abstração e raciocínio). Certas áreas de aplicações da Robótica incorporarão, cada vez mais, a Afetividade/Emoção como parte de sua percepção e comunicação com os humanos.

Os MOOCs tendem a mudar sua abordagem e passar a fornecer cursos com módulos mais reduzidos, mesmo assim acreditamos que não irão suplantar, no curto prazo, os STIs e os LMSs, que estão cada vez mais adaptados ao aluno.

Se, para os MOOCs, o cenário atual não é favorável, o mesmo não acontece com *Learning Analytics* e *Big Data* Educacional, que apresentam propensão a crescer e ter aplicação não só educacionais com seus Algoritmos Preditivos, que podem antecipar comportamentos, dentre eles os dos estudantes, para melhorar o desempenho da componente Modelo do Aluno. Essa componente é amplamente utilizada em STIs e tende a ser uma opção de personalização do ensino para os MOOCs.

Com base nas pesquisas realizadas, os dados nos permitem concluir que apenas as áreas de Jogos Educacionais/Jogos Sérios e STIs mantêm uma regularidade numérica em todas as bases pesquisadas. PLN e Educação não mantêm a regularidade quando se trata de teses e dissertações. Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos vêm surgindo com lentidão em termos de patentes e teses e dissertações, mas com mais significado em relação a artigos científicos. Entretanto Afetividade/Emoções apresentam um desenvolvimento mais regular com aplicações em, por exemplo, Visão Computacional e PLN, além dos STIs. *Data Analytics*

também tem contribuído para identificar padrões de emoções em textos e imagens, gerando bibliotecas para desenvolvedores. Os avanços nos levam a apontar a área de Afetividade/Emoções como uma tendência nos próximos anos.

### 5.3 Médio prazo: 2020 a 2030

Para o período de 2020 a 2030, foi realizada uma prospecção a partir do material analisado nas bases consultadas e nas hipóteses de cientistas da área, além da visão própria da autora do presente estudo. Cabe lembrar que, quando se fala de tecnologia, sempre existe um período de transição, ou seja, na maioria dos casos, as tecnologias vão sendo introduzidas e se estabelecendo em um tempo mais longo.

Em relação às tecnologias já mencionadas, entre 2020 e 2030, haverá:

- Contínuo desenvolvimento da **Afetividade/Emoções**.
- Possível mudança na arquitetura das máquinas com a inclusão de mais um processador (além do aritmético e do lógico) para a **tomada de decisão**, ou seja, tecnologias da IA ligadas a Afetividade/Emoções.
- Utilização de Jogos Sérios envolvendo, além da IA, a Realidade Virtual e a Realidade Aumentada. Essas tecnologias serão mais acessíveis do ponto de vista econômico e, portanto, mais utilizadas na Educação.
- Continuação do desenvolvimento do PLN com a tradução simultânea de voz e texto, provavelmente integrada com óculos e fones.
- Utilização de **óculos Inteligentes**, que, em geral, incorporam um pequeno *display* para mostrar informações ao usuário e interpretar comandos de voz via linguagem natural. No mercado, encontramos vários modelos e fabricantes. Atualmente, possuem alguma utilização educacional vinculada à Realidade Virtual, mas poderão ser de grande serventia para a leitura de textos em diferentes idiomas, fornecendo a sua tradução automática (de forma similar aos aplicativos de *smartphone*).

A utilização de **fores de ouvido wireless** tem o intuito de permitir a comunicação de pessoas que não falam a mesma língua. Esses fones podem captar o que é falado por uma pessoa, traduzir instantaneamente e informar à outra pessoa o que foi falado numa língua familiar. Essa tecnologia poderá ser muito útil para alunos que realizam cursos em línguas diferentes das suas. Se os estudantes estiverem, por exemplo, assistindo a um vídeo de um curso MOOC, poderão vir a escutá-lo, em sua língua, em tempo real. A tecnologia existe em estágio de testes, por esse motivo, incluímos sua incorporação aos sistemas educacionais, no *Roadmap*, para o período após 2020.

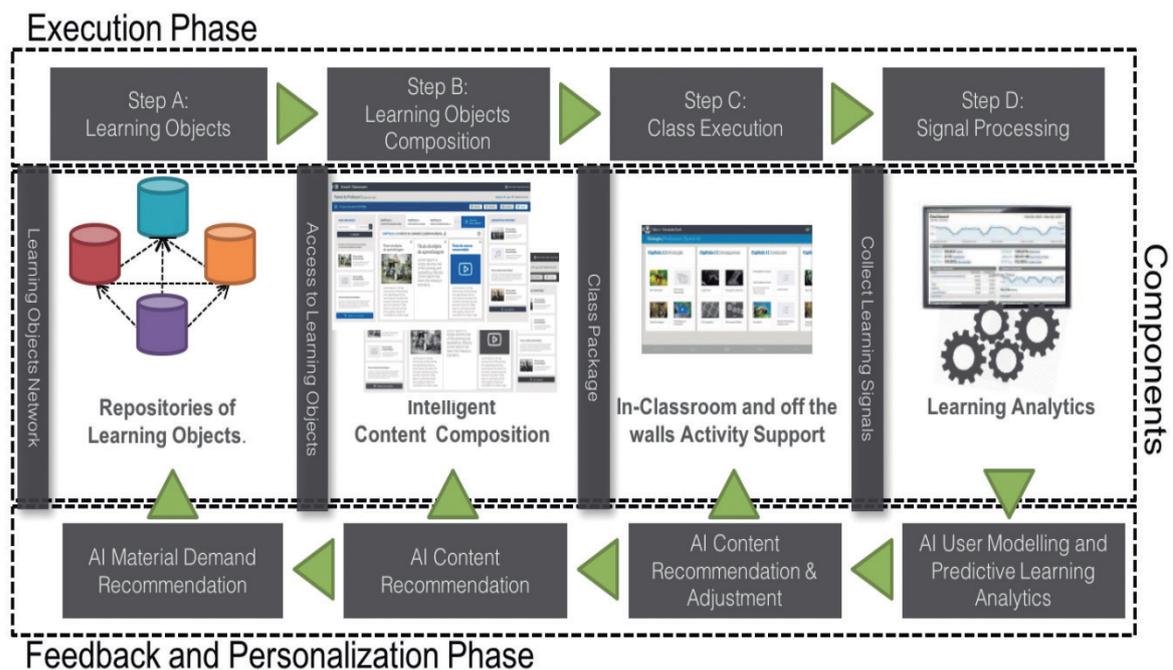
As tecnologias emergentes no período entre 2020 e 2030 serão as seguintes:

- **Criatividade Computacional** está ligada às artes, em particular à produção artística da arte computacional, vinculada à programação através de modelos matemáticos e da ótica (visão e reconhecimento de imagens). Nesse momento, essa tecnologia já impacta o ensino de artes e música, mas poderá ter uma abrangência maior quando for possível, por exemplo, a geração criativa de exercícios, exemplos, etc., para várias áreas da Educação.
- **Ética Computacional** surgiu por volta do ano de 2004 e vem se desenvolvendo lentamente, principalmente ligada à Robótica. Essa tecnologia não é tão futurista quanto possa parecer. Por exemplo, em 2017, uma escola secundária dinamarquesa recebeu a visita de um robô japonês inteligente, estimulando uma discussão sobre as implicações éticas da IA na Educação. A Google obteve uma patente sobre personalidades de robô, similar às “personalidades genuínas de pessoas” (patente dos Estados Unidos 8.996.429).
- **Ecosistemas Educacionais** são compostos pela integração de vários aplicativos ou componentes nos quais a utilização de tecnologias complementa a educação formal ou informal. Nesses sistemas de algoritmos de IA e de *Learning Analytics*, em particular, busca-se analisar o desempenho do aluno

de acordo com as estratégias pedagógicas, adotadas pelo professor humano ou por um Sistema Tutor Inteligente, o estilo de aprendizagem e o estado emocional do estudante. Essas informações são utilizadas para fornecer avisos e sugestões que possam melhorar o desempenho da aprendizagem e para apoiar as escolhas de atividades pedagógicas. As ideias, juntas, formam a proposta dos *ecosystems* da Educação Digital.

Como a tendência para a evolução dos sistemas educacionais aponta para os **Ecosistemas Educacionais**, consideramos importante apresentar um pouco mais sobre esta visão de prospecção. Essa tecnologia pode ser utilizada para guiar o ensino personalizado, visando melhorar o desempenho da aprendizagem do aluno, conforme apresentado na figura 24.

**Figura 24 – Ecosistemas Digitais**



Fonte: COELHO; PRIMO, 2016.

A figura 24 mostra que o sistema educacional é composto por vários aplicativos, como Repositórios de Objetos de Aprendizagem; uma componente de STIs tradicional, que é o conteúdo pedagógico, ou seja, o que se vai ensinar; suporte para o estudante em atividades na sala de aula ou fora dela; e uma componente que fornece dados para o modelo

do aluno, também típico em STIs, através do uso de técnicas de *Learning Analytics*. Esses dados realimentam o processo de tomada de decisão sobre a próxima estratégia pedagógica a ser utilizada individualmente ou com grupos de alunos.

Após a apresentação da pesquisa metodológica, que constou da busca por dados em bases de patentes, artigos, teses e dissertações a fim de dar suporte à construção do *Roadmap* para a prospecção tecnológica até 2030, passaremos a caracterizar as áreas-foco desta pesquisa.



## 6 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS

Apresentaremos, a seguir, as áreas da IA que são alvo deste estudo, com descrição da área, exemplos de sistemas em uso, identificação dos centros que as produzem e apresentações de empresas que comercializam produtos referentes a essas tecnologias. Para realização desta etapa, foram utilizadas as informações do levantamento bibliográfico, com o objetivo de estabelecer os centros de pesquisa e de patentes para selecionar as empresas que serão aqui mencionadas. As áreas correspondem às colunas do *Roadmap* Tecnológico. O objetivo principal deste capítulo é oferecer ao leitor uma visão mais detalhada do conteúdo do *Roadmap*.

89

### 6.1 Sistemas Tutores Inteligentes (STIs)

Os *Intelligent Tutoring Systems* ou Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), em português, são programas de computador concebidos para incorporar técnicas de IA, a fim de produzir sistema de ensino-aprendizagem que:

- Conhecem o que ensinam.
- Sabem como ensinar.
- Detectam como os alunos estão aprendendo (NWANA, 1990).

Essas técnicas buscam ajudar no processo de ensino-aprendizagem e, para isso, procuram entender como os alunos aprendem (SELF, 1990; GLUZ et al., 2013). Seu principal objetivo é o ensino personalizado. Esses sistemas surgiram na década de 1980.

Nos três aspectos que caracterizam os STIs, de acordo com Nwana (1990), fica claro que o trabalho de concepção, projeto e desenvolvimento de um STI envolve uma equipe multidisciplinar. Esta premissa é verdadeira para todos os sistemas que utilizam estratégias pedagógicas baseadas em alguma teoria educacional, seja neoconstrutivista, construtivista ou behaviorista. A equipe envolve cientistas da Computação, pedagogos, *designers* de interface e especialistas no conteúdo que será abordado.

Em seu desenvolvimento, são utilizadas várias tecnologias da IA, dependendo de sua finalidade. Mas, independentemente da tecnologia utilizada, esses sistemas apresentam-se como componentes básicos:

- O modelo do aluno (conhecimento inicial sobre o tema de quem vai aprender e, em muitos casos, também o estado emocional do estudante).
- O modelo pedagógico (estratégias e táticas pedagógicas – como será ensinado).
- A base de conhecimentos sobre o que será ensinado, também chamada de modelo especialista, uma herança dos tradicionais sistemas especialistas, de aplicações da IA, populares na década de 1970. São, no geral, sistemas especializados em determinado conteúdo e podem ser utilizados em todos os níveis do ensino formal e não formal. Seu uso pode se dar fora ou dentro da sala de aula.

A maior característica dos STIs, atualmente, é o ensino personalizado. Esses sistemas alcançam níveis finos de detecção do ponto do conteúdo educacional em que um aluno particular apresenta problemas (estado cognitivo) e, então, podem interferir, de forma especializada (por exemplo, utilizando o estilo de aprendizagem e o estado emocional de um aluno) em como apresentar o conteúdo (o que se vai ensinar), da forma mais adequada para cada indivíduo.

A partir do ponto de vista tecnológico, a pesquisa em STI estará cada vez mais ligada ao Modelo do Aluno, através do uso de tecnologias como *Learning Analytics*, Afetividade e do modelo de aptidões de cada estudante. A integração desses modelos, que já existem de forma isolada, em diferentes STIs, depende apenas do avanço da tecnologia da Computação, principalmente no poder de processamento de grande quantidade de dados, em sua maioria, simbólicos. Esta tendência pode ser vista em 4.370 artigos, com crescimento nos últimos três anos: 632 em 2014, 927 em 2015, 1.335 em 2016 e 560 até maio de 2017.

Consideramos que, além das tecnologias, são necessários estudos sistemáticos na área de Psicologia Educacional, como os elaborados pelo modelo OCC para os 22 estados afetivos propostos em Ortony, Clore e Collins (1988) para a Computação Afetiva. O uso de estratégias afetivas em sistemas educacionais está presente em 12 artigos na WOS e em 115 na Scopus. Os sistemas comerciais utilizam apenas os 6 estados básicos e muitos deles trabalham com a complementação: se, por exemplo, o indicador de alegria estiver próximo de zero, significa que o indivíduo está triste, chegando, assim, a 12 estados.

Do ponto de vista da implementação dos STIs, em muitos casos, a arquitetura de um STI é implementada por meio do uso de agentes inteligentes (no caso dos STIs, agentes pedagógicos). Na pesquisa, encontramos 118 artigos na Scopus e 59 na WOS, com tendência de crescimento. Essas novas arquiteturas permitiram um salto no desenvolvimento de STIs e, conseqüentemente, sua popularização. O maior problema para seu desenvolvimento era, até, então, a quantidade de informações simbólicas necessárias para o seu funcionamento, de forma inteligente. Com o aumento da capacidade computacional e o surgimento das arquiteturas baseadas em agentes, esses problemas foram superados.

Quanto à avaliação do desempenho educacional de STIs, encontramos vários artigos que a realizam com pequenos grupos de alunos. Nesses exemplos, seu uso foi considerado satisfatório frente a grupos de controle, ou no máximo não conclusivo. Essas pequenas avaliações estão, em sua maioria, vinculadas a dissertações de mestrado e/ou teses de doutorado. Atualmente, o modelo de avaliação mais utilizado por empresas que os

comercializam, em larga escala, se utiliza de comentários semelhantes aos encontrados em redes sociais, como os de avaliação da satisfação na utilização de hotéis. Estes são manifestados por professores, pais e estudantes.

De forma geral, criar métricas de avaliação de aprendizagem é um grande desafio. Para se conseguir dados mais relevantes é importante uma amostragem relativamente grande e heterogênea. Por esses motivos, muitos STIs não são eficientemente avaliados.

Também são feitas avaliações baseadas em questionários de satisfação, sem validação contra grupos de controle, como o trabalho de Reye<sup>22</sup>, que demonstra altos índices de satisfação dos usuários, mas não necessariamente índices de eficácia.

Complicando ainda mais a discussão, testes, como o realizado por Crowley<sup>23</sup>, demonstram que diferenças apenas na interface do sistema são sensíveis nos resultados de avaliações de curto prazo, porém não na aprendizagem a médio e longo prazos, e, segundo Chughtai<sup>24</sup>, a usabilidade é raramente avaliada.

Diante do exposto, avaliações relativas ao uso de STIs, ainda, são um problema para a ciência, pois, com a dificuldade no isolamento de variáveis e com a usabilidade pouco avaliada e que é decisiva no curto prazo, invalidam, do ponto de vista científico, quase que a maioria dos resultados apresentados em teses e dissertações. Corroborando com este ponto de vista nas conclusões do artigo “A revisão de técnicas de avaliação em Sistemas Tutores Inteligentes”, de Mark Hallet (2017)<sup>25</sup>, o autor afirma que características especiais e objetivos dos STIs devem ser considerados quando são criticados os métodos de avaliação para STIs em relação a outras disciplinas.

22 Disponível em: <<http://crpit.com/confpapers/CRPITV123Risco.pdf>>. Acesso em: maio 2017.

23 Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2213473/>>. Acesso em: maio 2017.

24 Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1541931215591076>>. Acesso em: maio 2017.

25 Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/51f4/b19625613ae42d509b9abba3fbb52684009e.pdf>>. Acesso em: maio 2017.

Apesar das considerações anteriores, trazemos um exemplo de teste realizado nos EUA com o tutor inteligente afetivo PAT (*Pedagogical Agent Tutor*), integrado com o tutor PUMP, para o ensino da Matemática e da Álgebra, realizado pelos pesquisadores Kenneth e Jaques<sup>26</sup>. O teste confirma ganhos estatisticamente válidos sobre o grupo de controle. O grupo amostral utilizado neste experimento contou com mais de 470 estudantes da rede pública norte-americana para o ensino de Álgebra, em três escolas de Pittsburgh. O tutor demonstrou ganhos em relação ao sistema-padrão das escolas (professor humano) de até 1,2 desvio-padrão, com significância do teste ANOVA de quatro casas decimais.

### Teste 1

#### *Grupo Teste*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 287 alunos, tutor PUMP+PAT, conteúdo testado de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste: 0,52.

#### *Grupo de Controle*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 80 alunos, professor, conteúdo de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste: 0,46. Número de alunos diferente entre as turmas do PUMP+PAT e do grupo de controle.

### Teste 2

#### *Grupo Teste*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 149 alunos, tutor PUMP+PAT, conteúdo testado de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste: 0,32.

#### *Grupo de Controle*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 80 alunos, tutor PUMP+PAT, conteúdo testado de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste: 0,27.

<sup>26</sup> Disponível em: <<http://learnlab.org/opportunities/summer/readings/Koedigner-SchoolInBigCity.pdf>>. Acesso em: maio 2017.

### Teste 3

#### *Grupo Teste*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 127 alunos, tutor PUMP+PAT, conteúdo de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste: 0,39.

#### *Grupo de Controle*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 42 alunos, tutor PUMP+PAT, conteúdo de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste: 0,22.

### Teste 4

#### *Grupo Teste*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 124 alunos, tutor PUMP+PA, conteúdo de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste 0,37.

#### *Grupo de Controle*

Escolas: 3 escolas da rede pública de Pittsburgh, turmas de 9º ano, número de 44 alunos, tutor PUMP+PAT, conteúdo testado de Álgebra, desempenho dos alunos no pós-teste: 0,15.

Por fim, cabe falar sobre as tendências para os sistemas educacionais e, em particular, sobre os aportes que os STIs trazem para os mesmos. Como apontado no *Roadmap*, componentes da arquitetura clássica dos STIs têm sido utilizados, nos últimos anos, em todo tipo de sistemas educacionais, por exemplo, em LMSs de forma mais consolidada, e em MOOCs de forma inicial, aparecendo em teses e dissertações. Os STIs são focados no ensino personalizado (modelo do aluno e modelo de ensino guiado pelos dados deste modelo). Os LMSs costumam priorizar ferramentas de colaboração e seu desenho está voltado para apoiar o aluno e as instituições. Por último, as plataformas de MOOCs incorporam ferramentas para apoiar, prioritariamente, o professor no desenvolvimento de conteúdo. Mas tendências em STIs indicam que esses podem vir a incorporar componentes típicos de LMSs, como é apresentado no artigo da Université Thecnologic de Compiègne,

UTC integrante da Université Sorbone<sup>27</sup>. Este grupo, que não faz parte dos tradicionais de pesquisa em STIs nem pertence a um dos países com destaque na área a respeito do tema, nos últimos dois anos, apresentou um projeto diferenciado em STIs e LMSs que buscam ser flexíveis o suficiente para manter as componentes básicas dos STIs, como modelo do aluno e modelo de ensino (estratégias pedagógicas), mas flexibilizam a componente sobre “o que será ensinado”. Ou seja, sua proposta independe do conteúdo. Por este motivo são sistemas que já trazem a tendência futura de integração dos componentes de STIs com LMSs. Esta linha evolutiva dos STIs caminha rumo ao que vem se chamando de Ecossistemas Educacionais, que são compostos pela integração de vários aplicativos ou componentes nos quais a utilização de tecnologias complementa a educação formal ou informal. Sistemas similares a esta arquitetura foram encontrados em 9 artigos analisados e, também, pode ser encontrada em textos da Samsung, da Google e da Mastery Connect. Cabe lembrar que os produtos da Samsung comercializados no Brasil, ainda, não seguem a proposta e nem utilizam IA. São eles, solução educacional focada em *hardware*: *Samsung Classroom of The Future*; e *software*: *Samsung Digital Education Platform*.

Outra tendência é a integração destes sistemas com a *web*, através do uso de ferramentas de busca inteligente, guiada por informações presentes no modelo do aluno, de conteúdo educacional. Esses sistemas podem incluir também recomendação, ou seja, oferecem conteúdo personalizado. A abordagem foi encontrada em 13 artigos, com pequeno crescimento: 2 em 2014, 3 em 2015, 6 em 2016 e 2 em 2017 (maio de 2017).

## 6.2 Massive Online Open Courses (MOOCs)

Os *Massive Online Open Courses (MOOCs)* iniciaram-se nos anos 2000 em instituições como: Stanford University, University of Michigan Ann Arbor (com destaque para o professor Steven Lonn), MITs OpenCourseWare, Harvard University, UC Berkeley, University of Texas group, Duke.edX, Coursera, Udacity e Khan Academy, cujo conteúdo está dirigido para alunos dos ensinos fundamental e médio. Essas instituições estão organizadas na associação Coalition of Open Access Policy Institutions (COAPI), que conta com mais de 40 universidades. O objetivo

<sup>27</sup> Disponível em: <<https://www.utc.fr/>>. Acesso em: maio 2017.

dos MOOCs é quebrar o paradigma do ensino tradicional, seja presencial ou a distância. Na EAD, elimina-se a presença virtual, com horários pré-marcados de encontros, tanto dos alunos, quanto dos professores, para um ensino completamente *on-line*. Das áreas-foco deste trabalho é a que aparece com menores índices em termos de publicações Scopus (1.809), WOS (1.322) e patentes (15). O mesmo não ocorre em relação às teses e dissertações (197), mas também é a mais nova dentre elas.

Em grande parte dos casos, seu surgimento está associado a uma pressão sobre as instituições para reduzir os custos. Nos EUA, entre 2000 e 2009, o investimento em MOOCs aumentou 42%. 2011 foi o ano de grande desenvolvimento da área (ver *Hype about MOOC in the USA press from, 2011*).

MOOCs são uma continuação da tendência em inovação, experimentação e uso de tecnologia, iniciada pela Educação a Distância, para fornecer oportunidades de aprendizagem para um grande número de alunos. Os países que mais os desenvolvem são EUA e China, segundo a base WOS, e EUA, Espanha, Reino Unido e China, segundo a base Scopus (ver dados presentes nos gráficos MOOCs nas bases Scopus e WOS). No entanto, se considerarmos o número de usuários dos MOOCs, temos em 1º os EUA, em 2º a Espanha e em 3º a China. A China e a Espanha possuem suas próprias plataformas.

Quanto aos EUA, sua predominância deve-se a vários fatores, por exemplo, as universidades americanas usam os MOOCs como propaganda da qualidade de seus professores, a língua inglesa é a mais utilizada no mundo e os cursos servem, também, para a seleção de estudantes que poderão receber bolsas de estudo – os que terminam um curso com boas notas recebem a oferta.

Essas plataformas são um ambiente de aulas baseado na *web* e com acesso aberto. O conteúdo é composto, em geral, por livros e textos multimídias para educação a distância. Do ponto de vista metodológico, possibilitam uma aprendizagem flexível na qual os alunos podem escolher quais conteúdos lhe interessam, bem como quando e onde fazer seu trabalho. Sob o viés econômico, possibilitam flexibilidade de tempo,

local de estudo e baixo custo. Os principais atores na área são editoras e curadores, professores, universidades e estudantes.

Cabe ressaltar que, embora as estatísticas de abandono sejam muito altas para alunos que buscam a educação formal através dos MOOCs, grande parte dos usuários não visa a um certificado e/ou créditos do ensino formal, eles apenas buscam um conteúdo que lhes interessa. No entanto esses alunos eventuais aumentam as estatísticas. Por exemplo, em 2008, no início da modalidade na Universidade de Manitoba, no curso Conectivismo e Conhecimento Conectivo, dos 2.225 alunos inscritos, apenas 25 buscavam créditos para a instituição de ensino.

O surgimento dessa modalidade de ensino *on-line*, até o momento, tem gerado discussões em torno de temas tais como a disputa a respeito das alternativas apropriadas para cada disciplina, ou seja, se completamente *on-line* ou misturando-se os dois modelos (tradicional e *on-line*), com as seguintes consequências:

- Melhorias na produção e entrega de materiais de palestras de alta qualidade, beneficiando tanto cursos *on-line* quanto tradicionais.
- Mais comunidades de pesquisa e educação no desenvolvimento e avaliação de métodos escalonáveis de ambiente de aprendizagem.
- Ameaça competitiva para o *status quo*: os cursos tradicionais (e existentes) precisam mudar e enfrentar as inovações exigidas pelos alunos.
- Uma alternativa para estudantes que enfrentam o aumento contínuo dos custos dos cursos e, muitas vezes, com falta de qualidade (recursos pobres, estilos de ensino e métodos desatualizados).

As principais características dos MOOCs podem ser resumidas da seguinte maneira: estão disponíveis para estudantes e para o público em geral, muitas vezes de forma gratuita; não exigem pré-requisitos (ter cursado disciplinas prévias ou ter feito cursos prévios) e são adequados para estudantes altamente motivados.

A seguir são mencionados alguns exemplos de cursos e suas plataformas. Optamos por apresentar cursos pertinentes ao presente estudo:

- Modelos de Pensamento (*Model Thinking*), da plataforma Coursera, desenvolvido pela University of Michigan e ministrado por Scott E. Page. Este curso exige um compromisso de 4-8 horas semanais, utiliza o idioma inglês e disponibiliza vídeos com legendas em português do Brasil, turco, ucraniano e chinês. Mais de 1.600 pessoas já concluíram o curso.
- *Artificial Intelligence Planning*, Austin Tate, da Coursera and Edinburgh University.
- *Artificial Intelligence*, D. Klein, da Edx, Berkeley University.
- *Introduction to Artificial Intelligence*, desenvolvido pela Stanford University, ministrado por Peter Norvig e Sebastian Thrun, disponibilizado na plataforma Udacity e com 160.000 inscritos desde o início do curso, em outubro de 2011.
- *Machine Learning*, desenvolvido pela Stanford University, ministrado por Andrew Ng, na plataforma Coursera e com 1.122.031 inscritos desde o início do curso, em outubro de 2011.

Hoje os MOOCs são utilizados por estudantes engajados e com facilidades para o aprendizado autônomo. Os que estão na pós-graduação são os principais usuários e buscam melhor estudar e entender o conteúdo de disciplinas-chave para seus cursos. Os conceitos que os alunos necessitam para resolver um problema prático podem estar disponíveis, de forma rápida, em um vídeo de 10 a 15 minutos. Também são procurados por pessoas que necessitam passar por provas altamente competitivas.

A modalidade, se é adequada para alunos com alto desempenho e autodidatas, peca pela falta da discussão em pequenos grupos e pela falta da orientação feita pelo professor face a face ou mesmo em um espaço virtual. Por fim, os argumentos comumente utilizados a favor desse tipo de curso são: universalizar materiais de qualidade produzidos por professores renomados em cada área do conhecimento; possibilitar acesso a conhecimentos específicos/especializados que poucas pessoas detêm;

auxiliar estudantes persistentes ou que necessitem de reforço em determinados conteúdos; e diminuir o tempo do professor em sala de aula.

Por fim, para termos uma ideia melhor do seu uso atual, entre 2012-2014, em 68 cursos oferecidos por diversas instituições dos EUA, em diferentes plataformas e em diferentes áreas do conhecimento, 1.710.341 de alunos de várias partes do mundo iniciaram esses cursos. Destes apenas 9% obtiveram seus certificados<sup>28</sup>. Em 2016, os números chegaram em 58 milhões de pessoas, 700 universidades participantes e 6.850 cursos<sup>29</sup>, inclusive com o surgimento de plataforma para a China e a América Latina, respectivamente, XuetangX e Miríada X (desenvolvido pela rede Universia e tendo como principal patrocinador a empresa Telefônica)<sup>30</sup>. Já a taxa de conclusão dos cursos, em 2015, havia subido para 15% dos inscritos, o que, aparentemente, representa um cenário mais favorável para a área<sup>31</sup>, mas, se formos comparar o número de inscritos entre 2014 e 2015, o aumento foi de 3.291%. Ou seja, os MOOCs não serviram para uma quebra de paradigma no modelo tradicional educacional como foi sua proposta inicial. Para a área de MOOCs, as ferramentas de *Learning Analytics* e *Big Data* oferecem grande quantidade de dados que permitem uma avaliação global do seu desempenho educacional. As plataformas XuetangX e Mérida X foram as que mais cresceram, em 2007, em número de cursos oferecidos e de alunos inscritos.

Junto com os MOOCs vieram tecnologias de IA e da Computação voltadas ao tratamento de grande quantidade de dados gerados pelo grande número de alunos inscritos nesses cursos. As principais tecnologias associadas a eles, até o momento, são *Big Data* e *Data Analytics*.

### 6.2.1 *Big Data* e *Data Analytics*

Tanto no espaço de aprendizagem *on-line* quanto nos setores de governo existem grandes quantidades de dados educacionais. Esta massa de dados pode ser utilizada para dar a esses setores as ferramentas preditivas

<sup>28</sup> Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2586847](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2586847)>. Acesso em: maio 2017.

<sup>29</sup> Disponível em: <<https://www.class-central.com/report/mooc-stats-2016/>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>30</sup> Disponível em: <<https://miriadax.net/cursos>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>31</sup> Disponível em: <<http://www.katyjordan.com/MOOCproject.html>>. Acesso em: maio 2017.

que as instituições e os sistemas de ensino/aprendizagem precisam para melhorar os resultados de aprendizagem coletiva e individual. Os dados podem ser acumulados, por exemplo, em cada etapa do processo de aprendizagem do aluno.

*Big Data* possibilita análise, captura, curadoria, pesquisa, compartilhamento, armazenamento, transferência, visualização e informações sobre a privacidade dos dados. *Learning Analytics* pode ser usada para extrair valor deles. Uma maior precisão nos dados pode levar à tomada de decisões com mais confiança. Além disso, melhores decisões podem significar maior eficiência operacional, redução de risco e redução de custos. Logo, as escolas podem tratar as necessidades coletivas dos alunos com módulos personalizados e, também, atribuições de *feedback* e árvores de ensino personalizadas.

Dessa forma, para o grande conjunto de dados que são coletados diariamente pelos sistemas educacionais, *Big Data* promete revolucionar a aprendizagem *on-line* e, ao fazê-lo, o ensino. No entanto, até o momento, os resultados são mais visíveis em outras áreas, por exemplo, *Marketing*, bolsa de valores, etc.

Entre os dois conceitos, *Big Data* e *Learning Analytics*, este último é o que nasce vinculado à área de Inteligência Artificial aplicada a sistemas educacionais, principalmente a MOOCs. Independentemente das classificações, a área está emergindo como alternativa para melhorar o desempenho dos alunos através do entendimento de seu comportamento, objetivos e inter-relações. Na primeira conferência internacional em *Learning Analytics and Knowledge* (LAK11, 2011), Elias (2011) descreve *Learning Analytics* como um campo emergente no qual sofisticadas ferramentas analíticas são usadas para melhorar a aprendizagem e a educação. Siemens (2010) considera *Learning Analytics* como o uso de dados inteligentes produzidos pelo aluno e por modelos de análise para descobrir informações e conexões sociais, bem como prever e aconselhar sobre a aprendizagem. Além desses, de acordo com Johnson et al. (2011), *Learning Analytics* refere-se à interpretação de ampla gama de dados produzidos por e reunidos em nome dos alunos, a fim de avaliar o progresso acadêmico, prever o desempenho futuro e detectar possíveis problemas.

Apesar de as definições possuírem algumas diferenças, elas compartilham a ênfase em converter dados educacionais brutos em informações para subsidiar ações úteis, com vista a fomentar a aprendizagem. *Learning Analytics* surge como ferramenta capaz de realizar análises automáticas de dados educacionais, buscando o entendimento acerca do processo de aprendizagem dos alunos.

Um dos trabalhos importantes no contexto de *Learning Analytics* é o de Smith et al. (2012), que apresentaram um estudo de caso sobre o uso dessa ferramenta e o desenvolvimento de um modelo preditivo para detectar alunos em risco de reprovação. Após identificar características relacionadas ao uso do ambiente virtual, como acesso ao sistema, visualizar recursos, postagem de atividade, acesso a classes virtuais, entre outros, os autores propuseram um classificador baseado no modelo Naïve Bayes<sup>32</sup>. Além disso, as variáveis de entrada para o modelo preditivo passaram por uma análise de correlação para identificar as informações de previsão relevantes. Os autores levantaram questões importantes, tais como: Que fatores são eficazes para prever as avaliações de alunos em cursos *on-line a priori* ou *on the fly*? Como as instituições podem usar estes fatores em modelos preditivos para prever as classificações dos alunos? Como podem usar modelos preditivos para realizar intervenções proativas, efetivas e sustentáveis a fim de melhorar a taxa de aprovação dos alunos?

Outra tendência para *Learning Analytics* encontra-se no trabalho de Ruipérez-Valiente (2015), que utiliza essa tecnologia como suporte para o processo ensino-aprendizagem. Apresenta-se o módulo ALAS-KA complemento do apoio baseado em *Learning Analytics* da Khan Academy<sup>33</sup> para a análise visual dos dados dos estudantes inscritos na plataforma Khan Academy. Esta arquitetura permite aos professores processar a enorme quantidade de dados educacionais brutos para obter informações

---

<sup>32</sup> Na área de *Machine Learning*, o Bayes Naive é uma família de classificadores probabilísticos simples, baseados na aplicação do teorema de Bayes com suposições de independência fortes (ingênuas) entre as características. Naive Bayes tem sido estudada extensivamente desde a década de 1950. Foi introduzido na comunidade de recuperação de texto, no início da década de 1960, e continua a ser um método popular para a categorização de texto. Como exemplo, podem ser citadas a classificação de documentos como pertencentes a uma categoria ou a outra (como spam ou legítimo, esportes ou política, etc.) de acordo com as frequências de palavras mais características. Também encontra aplicação no diagnóstico médico automático e outras áreas.

<sup>33</sup> A Khan Academy é composta por um conjunto de pequenos vídeos sobre temas dos ensinamentos básico e fundamental, focados no ensino da Matemática. Provavelmente, é o exemplo que mais se aproxima de um curso estilo MOOC para estas faixas de ensino.

refinadas sobre os alunos. Além das informações usuais, tais como número de acessos, exercícios corretos, entre outros, é possível ter uma perspectiva mais ampla sobre o perfil dos estudantes em termos pedagógicos. Por exemplo, é possível analisar usuários que abusam das dicas e, até mesmo, de informações afetivas. Ainda, os serviços do ALAS-KA podem auxiliar os professores com uma visão dos diferentes indicadores de suas classes, para que possam fazer as correções apropriadas, permitir a autorreflexão dos alunos ou usar a configuração automática de um modelo de usuário com componentes de Afetividade/Emoções.

Segundo Tabaa e Medouri (2013), grande parte dos trabalhos que utilizam *Learning Analytics* tem sido direcionada, também, a LMSs. Os dados obtidos através de *Learning Analytics* permitiram a Rennie Morrison (2017) concluir que a frequência de participação e o tempo dedicado em tarefas são importantes para o sucesso da aprendizagem *on-line* em LMSs. Já Macfadyen (2012) sugere o uso de relatórios que podem identificar e sinalizar alunos “em risco” em LMSs, permitindo que os professores desenvolvam estratégias de intervenção.

Dos artigos encontrados como o uso de *Big Data* e Educação, 1.168 estão na base Scopus e 552 na base WOS e de *Learning Analytics*, 1.757 na Scopus e 870 na WOS. As tendências de crescimento, para os últimos três anos, são marcantes para *Learning Analytics* e menos evidentes para *Big Data* e Educação. Os principais centros de pesquisa na área são a Open University no Reino Unido, a Universidade de Michigan e o MIT, nos EUA.

## 6.2.2 Exemplos de plataformas para MOOCs

Os exemplos de cursos MOOCs podem ser apresentados a partir das plataformas que os implementam. As principais em uso são a Coursera (fundada pelos professores Andrew Ng e Daphne Koller, da Universidade Stanford), a UDACITY (organização educacional com fins lucrativos fundada por Sebastian Thrun, David Stavens, e Mike Sokolsky, mas que também surgiu em Stanford) e a edX (Instituto de Tecnologia de Massachusetts e Universidade de Harvard), que receberam, respectivamente, U\$ 22 milhões, U\$ 15 milhões e U\$ 60 milhões para seu desenvolvimento. Essas plataformas surgiram a partir de 2008 e tiveram o auge de sua divulgação

em 1012. Em 2016, a Coursera possuía 23 milhões de estudantes inscritos, a edX com 10 milhões e a Udacity, 4 milhões. Também novas plataformas surgiram, como a XuetangX da China<sup>34</sup>, com 6 milhões, a FutureLearn com 5,3 milhões de inscritos e a Mérida X na Espanha.

A grande diferença entre as plataformas do tipo LMSs e as de MOOCs é que as primeiras são voltadas a oferecer serviços e facilidades para os alunos e as instituições, já as segundas plataformas oferecem maiores facilidades/serviços para os docentes que desenvolvem os cursos. Além disso, os LMSs tendem a ter ferramentas de colaboração e a mediação de um tutor e/ou professor humano ou artificial. Algumas plataformas de MOOCs vêm incorporando tipos de interação entre estudantes nos últimos anos.

Por ser uma área menos consolidada, os MOOCs trazem um campo grande de possibilidades futuras. Por esse motivo, é realizada uma tentativa de agrupá-las e apresentá-las de forma resumida.

Os MOOCs fazem parte, junto como os LMSs, do que se pode chamar de ensino flexível. Eles trazem desafios para a IA que estão, em muitos pontos, relacionados às pesquisas já realizadas em STIs e LMSs e que poderão ser aplicados aos MOOCs, na busca de melhorar sua utilização: atendimento mais personalizado ao aluno; integração de tecnologias de redes sociais para possibilitar a comunicação ente estudantes e professores, como nos LMSs; na utilização dos MOOCs junto a aulas presenciais, por exemplo, o aluno assiste a um vídeo de uma palestra, busca conteúdos a respeito e vai para a sala de aula para discutir o tema com professor e colegas (ideia da Sala de Aula Invertida). Ainda, o tamanho dos cursos tende a diminuir, por exemplo, um curso será dividido em vários módulos autocontidos.

Além das acima citadas e das tradicionalmente associadas ao MOOCs, como *Learning Analytics* e *Big Data*, outras tecnologias da Computação e da IA, certamente, irão ajudar na melhoria da disseminação e utilização dos MOOCs. Salientamos que todas as tecnologias utilizadas neste item de tendências já existem (em laboratórios de P&D ou em teste realizados por empresas de tecnologia de ponta). Muitas delas já podem ser utilizadas por sistemas de ensino-aprendizagem, mas, por razões de custo,

<sup>34</sup> Disponível em: <<http://www.xuetangx.com/global>>. Acesso em: maio 2017.

a incorporação é lenta. Todas já foram apontadas no *Roadmap* tecnológico. São elas:

- Reconhecimento de imagens (visão computacional) para verificação da identidade do aluno.
- Reconhecimento do estilo dos textos produzidos por cada estudante para verificação da identidade do aluno.
- Correção automática da produção textual, utilizando técnicas, como *Essay-Grading*<sup>35</sup>, que interpreta textos escritos por alunos.
- Personalização do ensino, pelo menos no que se refere ao fornecimento de exercícios individualizados de acordo com o desempenho de cada estudante.
- Avaliar o resultado do ensino e, se possível, da aprendizagem em grande número de alunos.
- Tradução, em tempo real, de textos e voz.

A maior tendência imediata para a área é a redução do tamanho dos cursos.

Trabalhos que ligam MOOCs e STIs, como os de Vincent Alevan, da Universidade Carnegie Mellon, forneceram ferramentas através das quais os professores puderam desenvolver tutoriais *on-line*, na forma de MOOCs, em áreas como Química e Física, para serem incorporados em STIs. Os tutoriais específicos foram desenvolvidos com base nos dados compilados através de avaliações pré-teste e pós-teste, além de registros detalhados de interações entre alunos e STIs. As abordagens baseadas em dados, para STIs, tornam possível um *feedback* sistemático em tempo real. E as ferramentas *on-line* permitem a avaliação de um leque muito mais amplo de ações dos alunos, como o tempo que dedicam às leituras, onde obtêm recursos eletrônicos e a rapidez com que dominam os conceitos-chave.

<sup>35</sup> *Essay-Grading* é uma tecnologia para análise de textos escritos por alunos. É um subproduto da PLN, no que se refere à compreensão da língua escrita. Utiliza tanto algoritmos tradicionais de análise sintática, semântica e pragmática, bem como algoritmos estatísticos de processamento de PLN, baseados em corpora. Nos EUA, esta tecnologia é muito difundida e comercializada por várias empresas, pois é utilizada para analisar os textos que os estudantes submetem para solicitar ingresso nas universidades americanas. Um dos pontos fracos da tecnologia é ainda não detectar aspectos de emoção nos textos.

Nessa linha, a Open University, no Reino Unido, desenvolveu, recentemente, o MyStuff, um LMSs que foi construído para ser totalmente integrado com o Moodle, mas também pode ser executado como um sistema autônomo, se necessário. Ou seja, um passo rumo à integração entre LMSs e MOOCs. O MyStuff integra as inovações de *software* social e permite que os alunos armazenem e rotulem conteúdo, que pode ser compartilhado e discutido com os colegas. Qualquer característica educacionalmente útil de um sistema *Web 2.0* pode ser potencialmente incorporada em um LMSs. A questão-chave não é se os LMSs podem ou devem evoluir para coleções das ferramentas de *software* social encontradas em outros lugares na internet, mas qual é o contexto de uso mais apropriado para o aprendiz neste contexto particular?

### 6.3 Robótica Inteligente Educacional

A definição de robô é derivada da linha de pensamento: Humanoides Autômatos Robot, que vem da palavra checa “*robota*” – trabalho forçado, termo usado pelo escritor checo Karel Capek. Uma definição ampla e mais moderna possível é: robô é um agente físico capaz de estabelecer uma conexão inteligente entre percepção e ação. Entretanto existem muitos robôs de *software*. Por isso, o termo robô será usado, neste texto, de forma bastante ampla, e pode incluir robôs articulados, robôs móveis, veículos autônomos de qualquer escala e também robôs de *software*.

Já a Robótica Inteligente, ou seja, que toma decisão autônoma (com base em conhecimento ou mesmo de forma reativa), visa à incorporação de componentes que tratam de como os robôs podem sentir e perceber o mundo onde atuam, como controlar suas atividades, como tomar decisões e como gerar ações. Um exemplo dos primeiros robôs inteligentes pode ser dado pelos Veículos de Braitenberg (1984). Assim como a IA, a Robótica Inteligente busca, principalmente, dotar as máquinas de comportamento autônomo.

Até poucos anos atrás, os robôs eram projetados para atuar em ambientes hostis, pouco estruturados, imprevistos e complexos, como na exploração do espaço, na destruição de minas, em plataformas submarinas, em pinturas automotivas, guerras, dentre outras aplicações. Nos

últimos anos, os domínios têm se expandido para áreas como transporte, montagem de peças, hospitais (cirurgias realizadas por robôs) e outros serviços, tipo o da indústria do entretenimento, exploração submarina, vigilância, limpeza, futebol de robôs e, atualmente, também para ensino.

As pesquisas atuais em Robótica Inteligente tratam de aspectos como:

- sentir – sensores complexos;
- interpretar – fusão sensorial;
- decidir de forma autônoma – planejamento e monitoração;
- comunicar – linguagens e interfaces com usuários; coordenar – colaboração; e
- competição para novas arquiteturas (distribuídas, cooperativas, reativas, emocionais, cognitivas e afetivas).

Muitos robôs são conversacionais e envolvem mais *software* do que *hardware*. Utilizam de tecnologias de PLN (compreensão, interpretação da escrita e da fala). Suas principais aplicações são atendimentos em centrais telefônicas, assistentes pessoais em telefones inteligentes, etc. Esta tecnologia, ainda, pode vir a ter outras aplicações futuras, como em uma entrevista de emprego em que a IA pode ser mais neutra do que um gerente de recursos humanos, suscetível a discriminar alguém, mesmo inconscientemente. Ainda, uma das áreas atuais de pesquisa são os assistentes pessoais educacionais, inspirados nos assistentes pessoais de *smartphone*. Eles ajudam, por exemplo, a organizar a agenda de tarefas de um estudante.

As principais plataformas e simuladores, para a Robótica, utilizadas atualmente são: *Cyber-Rato*; *Soccer-Server*; “cão robô”, plataformas para robôs de competições em geral e NAO. Já as áreas de pesquisa encontram-se focadas em percepção e interpretação sensorial e sensores; algoritmos de tratamento sensorial; processamento e análise de imagem e ação; locomoção e controle; algoritmo de controle em geral; e comportamentos afetivos. A Robótica Inteligente é utilizada, principalmente, no ensino universitário. De 1960 até 2005, a educação em Robótica ocorreu através de cursos eletivos, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso de graduação e projetos de *design*, como

parte de programas de graduação e de pós-graduação, em cursos tradicionais, como Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica, Engenharia Industrial ou Informática. Após 2005, surgiram cursos de graduação em Engenharia Robótica, ou seja, o ensino da Robótica propriamente dita.

A Robótica teve sua popularização primeiro nas áreas bélicas, de exploração do espaço e da aviação. Mas, recentemente, surgiram vários resultados para o público em geral, como nos carros cada vez mais autônomos (Google, Mercedes, Renault, dentre outras), na área médica e nos campeonatos de futebol de robôs (tanto de *hardware* quanto de *software*). O Watson, sistema cognitivo da IBM, utilizado ainda hoje como “garoto propaganda”, certamente terá grande impacto em aplicações como a Medicina, por exemplo, pois a sua maior base de conhecimentos encontra-se nesta área.

A Robótica Educacional tem como objetivo principal fornecer um conjunto de experiências para facilitar o desenvolvimento dos conhecimentos, das habilidades e das atitudes para o projeto, a análise, a aplicação e a operação de robôs. Ela também é utilizada para motivar o ensino de outras áreas, como Programação de Computadores (muito popular), ensino de IA ou *Design* de Engenharia. Desde de 2009, pesquisadores da área, como Barak e Zadok (2009), tentam responder à pergunta: Que tipo de conhecimento os alunos abordam quando trabalham em projetos de Robótica? Observando que seus benefícios estão relacionados a conceitos de ciência, tecnologia e habilidades de resolução de problemas, Benitti (2012) afirma que a maioria das abordagens para atividades educacionais que incluem a Robótica ensina temas que estão intimamente relacionados ao próprio campo. Ou seja, a forma como a Robótica será ou é incluída nos ensinamentos fundamental e médio ainda é um tema em discussão. Ao contrário do que ocorre no ensino superior em que, ao que tudo indica, esta etapa já está resolvida.

No âmbito dessa revisão, observamos que há falta de pesquisa com avaliação quantitativa da aprendizagem envolvendo o uso da Robótica (inteligente ou não). Entre os artigos consultados, apenas seis apresentaram algum tipo de avaliação quantitativa, mas sem a utilização de grupos de controle. A grande maioria traz apenas avaliação qualitativa,

realizada de forma empírica, isto é, sem seguir uma metodologia científica. Talvez este fato ocorra, pois, na maioria dos casos, a disciplina de Robótica Educacional é optativa, ou seja, não se encontra ainda inserida na grade curricular regular.

Com relação à etapa de coleta de dados sobre o tema, em particular no que se refere às patentes, muitos registros pesquisados eram classificados como “Aplicações Educacionais”, pois incluíam o termo “*education*” em sua descrição, mas não continham foco na Educação. Como exemplo, recuperamos a patente de um robô cuja finalidade era a limpeza de ambientes e que utilizava “*education*” em sua descrição. Selecionar patentes adequadas ao contexto desta pesquisa foi uma tarefa difícil.

A maioria dos artigos sobre o uso da Robótica Educacional nos ensinamentos fundamental e médio abordava o uso do lego. Entretanto a Robótica Inteligente Educacional começa a ser introduzida através dos robôs de futebol inteligentes e do robô, exibido na figura 25, que já são populares em alguns países. O NAO é um robô humanoide fabricado pela Aldebaran Robotics. É considerado como um dos mais avançados da atualidade. Seu uso está vinculado ao ensino e à pesquisa em Robótica e IA em instituições de todo o mundo, principalmente no que diz respeito à interação robô-humanos e robô-objetos.

**Figura 25 – Robô NAO**



Fonte: disponível em: <<https://www.aldebaran.com/en/cool-robots/nao>>.

Na Alemanha, existe uma aplicação recente do robô NAO para ensinar a língua alemã a crianças imigrantes. Já na Universidade de Grenoble, na França, ele é utilizado para a programação de comportamentos afetivos, visando a uma interação mais amigável com seus usuários, no grupo da professora Sylvie Pesty.

Os robôs para o futebol também são muito populares no ensino fundamental e nas universidades. Estas competições estão organizadas na Robocup<sup>36</sup>. Trata-se de um torneio anual de jogos de robôs autônomos, dividido em cinco ligas: RobocupJunior, Robocup@Home, RobocupIndustrial, RobocupSoccer e RobocupRescue.

A RobocupJunior tem diversas categorias voltadas para incentivar jovens de escolas a se interessarem pela Robótica. A Robocup@Home envolve desafios no desenvolvimento de serviços e tecnologia assistiva de relevância para aplicações domésticas. Um conjunto de testes é usado para avaliar as habilidades e a *performance* dos robôs em um espaço realístico não padronizado. A RobocupIndustrial é inspirada no cenário de uma fábrica inteligente, onde um número de máquinas realiza serviços manufaturados para refinamento, montagem ou modificação de peças e, eventualmente, resulta em um produto final. A competição é feita com testes programados.

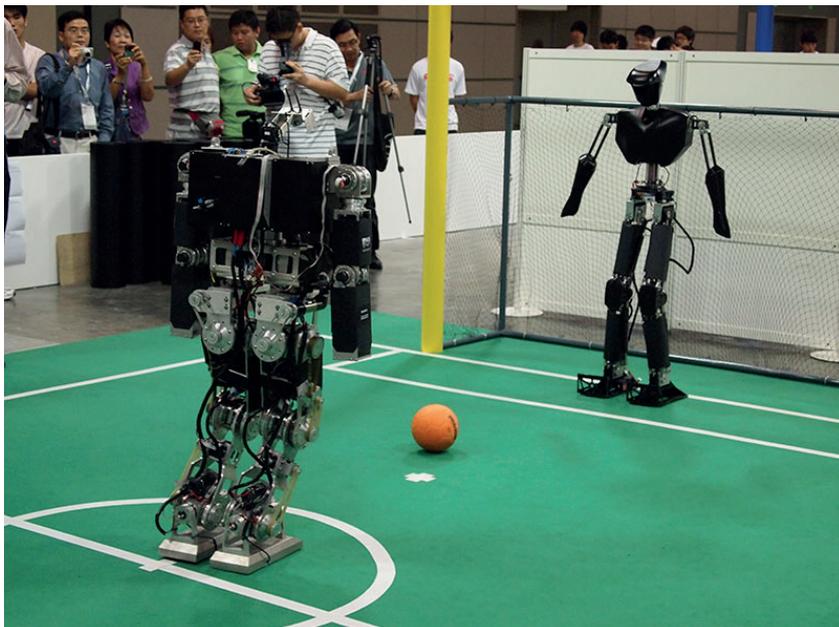
A RobocupSoccer é uma competição de futebol de robôs de diversas categorias que tem o sonho de, “na metade do século 21, um time de robôs humanoides autônomos ser capaz de vencer uma partida, competindo de acordo com as regras da FIFA, contra os mais recentes vencedores da Copa do Mundo”. A RobocupRescue é uma competição de robôs em duas categorias, virtual e física. Em ambas é simulado um desastre natural e a “cidade” fica caótica, com caminhos bloqueados, vítimas e situações de incêndio, onde os robôs têm de resolver a situação. Na Robocup, as categorias dos robôs são divididas por tipo (físico ou robô de *software*), tamanho e forma de deslocamento (rodas, 4 patas ou humanoides).

Em todas as competições, o principal objetivo é desenvolver o estado da arte na Robótica e na IA, oferecendo um desafio interessante aos pesquisadores e um apelo publicitário ao público em geral. Um exemplo de Robocup pode ser visto na figura 26. Esta competição é a mais difundida entre alunos.

---

<sup>36</sup> Disponível em: <<http://www.robocup.org>>. Acesso em: maio 2017.

**Figura 26** – Exemplo de Robocup



Fonte: disponível em: <<http://robocup.org>>.

Após a apresentação das áreas-foco deste trabalho, passaremos aos centros de pesquisa que as produzem.

Para falarmos das tendências futuras para a Robótica Inteligente Educacional, a abordagem está baseada, basicamente, em uma empresa – a Aldebaran Robotics SAS, que foi fundada em Paris, em 2005, por Bruno Maisonier e adquirida pela Japonesa Softbank, em 2012.

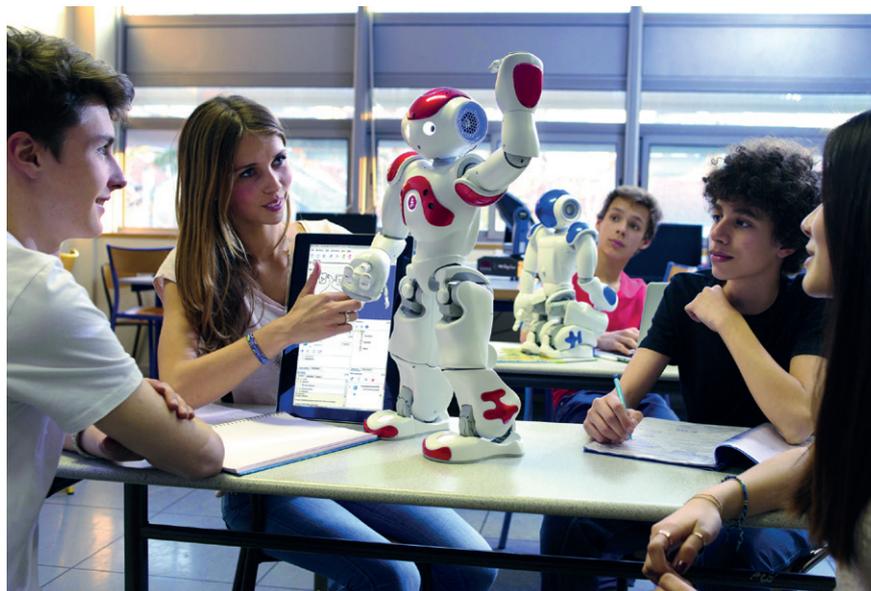
Líder em Robótica Humanoide, a SoftBank Robotics Europe (SBRE) está sediada em Paris e reúne 500 funcionários nos escritórios da França, do Japão, dos Estados Unidos e da China. Criadora dos robôs NAO, Pepper e Romeo – hoje utilizados em mais de 70 países em todo o mundo, em vários campos, como Pesquisa, Educação, Varejo, Saúde, Turismo, Hospitalidade ou Entretenimento –, a SoftBank Robotics Europe é uma subsidiária da SoftBank Robotics Holdings Corp., sediada em Tóquio, no Japão.

O robô NAO, apresentado anteriormente, é um dos mais utilizados na Educação, em todos os níveis. O uso de sua potencialidade de IA, que se dá pela Programação, só é feito no ensino superior. Para o ensino fundamental, ele já vem programado. Seu custo é cerca de U\$ 7.500,00. A figura 27, a seguir, mostra o NAO em sala de aula. O fabricante também afirma

que seu uso educacional é principalmente para ensino de Programação. O fabricante apresenta proposta para o uso educacional<sup>37</sup>.

Além do NAO, a empresa possui o robô Pepper e o Romeo. Para estes dois, não encontramos aplicações educacionais. No entanto eles representam muito bem as tendências, em termos de funcionalidades, as quais acreditamos que serão, em breve, utilizadas para fins educacionais.

**Figura 27 – NAO em sala de aula**



Fonte: disponível em: <<https://www.ald.softbankrobotics.com>>.

Pepper é um robô “humanoide emocional” capaz de reconhecer as principais emoções humanas e adaptar o seu comportamento ao estado emocional de seu interlocutor. Até o momento, mais de 140 lojas da SoftBank Mobile no Japão estão usando-o como uma nova forma de acolher, informar e divertir seus clientes. É vendido no país por cerca de U\$1.600,00. Romeo é um assistente pessoal diário projetado para ajudar pessoas idosas e a quem está perdendo sua autonomia. Seu tamanho foi projetado para que ele possa abrir portas, subir escadas e pegar objetos em uma mesa. Este robô ainda não está à venda. Primeiramente, será oferecido para projetos universitários com uma estimativa de custo de 250 mil euros.

<sup>37</sup> Disponível em: <<https://www.ald.softbankrobotics.com/en/solutions/education-research>>. Acesso em: maio 2017.

Optamos por trazer a mencionada empresa, pois as tendências com base em universidades estão ligadas a áreas de pesquisa já apresentadas neste trabalho, como a Afetividade, a Visão Computacional, as habilidades de locomoção e a fala – todas estas já vêm sendo utilizadas na Robótica Inteligente em larga escala. Como áreas futuras, também, já falamos sobre a Ética e a Criatividade. Na primeira, podem ser citados os grupos universitários do MIT (já apresentado anteriormente), com a professora Rosaline Picard, também já citada na área de Afetividade/Emoções e que possui uma empresa na área. No Brasil, o grupo da UFRGS, com o professor Edson Prestes, que trabalha ligado a IEEE e merece destaque.

Por último, não detectamos grupos de P&D consolidados na utilização da Robótica Inteligente para o ensino em geral. Os que existem estão vinculados ao uso de um robô em particular, ou seja, dependem das empresas que os fornecem.



optamos por trazer empresas (devido ao grande número de patentes) e os produtos que já estão no nosso dia a dia. Mesmo se considerarmos a produção científica, grande parte dos artigos publicados nos últimos três anos tem como origem centros de pesquisa de empresas e/ou coautoria com universidades.

No que se refere ao ensino virtual (LMSs e MOOCs), as universidades dos EUA, do Reino Unido e da Espanha são as que mais têm desenvolvido pesquisas na área, além da China. Mas, infelizmente, sobre a China não encontramos material suficiente para incluir seus centros de pesquisa. Ensino Colaborativo encontra-se embutido nos LMSs e nos Jogos Educacionais e/ou Jogos Sérios, no que se refere à sua intersecção com a IA.

A pesquisa em Jogos Educacionais e Jogos sérios encontra-se distribuída em um grande número de países. Optamos por apresentar centros do Reino Unido e da Alemanha por serem os que reúnem o maior número de publicações nos últimos três anos.

No que concerne à Robótica Educacional Inteligente, a opção foi trazer produtos, visto que não localizamos nenhum centro de pesquisa particularmente dedicado ao assunto.

Optamos por trazer também o Brasil, pois, nas áreas-foco da pesquisa, México e Brasil aparecem em igualdade no contexto América Latina. Assim, para apresentarmos o país, colocamos os resultados dos grupos de pesquisa do CNPq. Estes sistemas seguem o mesmo critério dos produtos internacionais, ou seja, utilizam IA no seu desenvolvimento. É de salientar que, em muitos casos, os sistemas brasileiros, embora não tão famosos, acompanham as tendências internacionais para os próximos anos.

Com base nos registros de patentes, apresentaremos empresas que atuam na área educacional com resultados atuais ou empresas que comercializam tecnologias que possuem potenciais de serem incorporadas nos sistemas educacionais do futuro, de curto a médio prazo.

Dessa forma, a seguir serão apresentados grupos de pesquisa e empresas que mantêm trabalho significativo no âmbito do presente estudo.

## 7.1 Universidades e empresas internacionais na área de Sistemas Tutores Inteligentes e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos

A seguir, apresentaremos os grupos internacionais de destaque, de acordo com os critérios estabelecidos para esta pesquisa.

Foram selecionadas duas universidades dos EUA, do Canadá e do México devido ao fato de terem sido as mais citadas nos artigos científicos, entrevistas em revistas especializadas e patentes ou registro de propriedade intelectual de *software*. Também serão apresentados produtos de empresas não vinculadas diretamente a universidades referentes a STIs e Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos.

### 7.1.1 Universidades e empresas dos Estados Unidos

A produção mais relevante de P&D em STIs se localiza nos EUA, em dois centros: a Carnegie Mellon University, com 22 artigos na Scopus e 64 na WOS, cujo principal pesquisador é Alevan Vincent; e a North Carolina State University, com 13 artigos na Scopus e 33 na WOS. A Carnegie possui *startups* que comercializam produtos frutos de suas pesquisas em IA e Educação.

#### 7.1.1.1 Carnegie Mellon University

A Carnegie Mellon University é uma instituição privada de P&D, localizada na cidade de Pittsburgh, nos EUA, fundada em 1967. Seus cursos nas áreas de Ciência da Computação, Robótica, Lógica e Matemática Aplicada destacam-se entre os melhores do país. Entre ex-alunos ou ex-professores da instituição, encontram-se 18 ganhadores do prêmio Nobel e 9 laureados com o prêmio Turing de Computação. A revista norte-americana *US News & World Report* classifica seus cursos de pós-graduação em Ciência da Computação em primeiro lugar nos EUA.

A empresa Carnegie Learning<sup>38</sup> foi fundada por cientistas das Ciências Cognitivas e da Computação da Carnegie Mellon University. Ela tem estado imersa na pesquisa, na área de IA aplicada à Educação (STIs e MOOCs,

<sup>38</sup> Disponível em: <<http://www.carnegielearning.com>>. Acesso em: maio 2017.

em particular), desde o seu início. O foco de pesquisa da Carnegie Mellon estende-se à Ciência Cognitiva e Aprendizagem. Os pesquisadores colaboram com uma variedade de organizações de pesquisa para entender mais sobre como as pessoas aprendem e como a aprendizagem pode ser facilitada. As informações obtidas nas cooperações são complementadas com *feedback* e dados dos próprios produtos, professores e alunos.

A Carnegie Mellon University está vinculada à Carnegie Learning. A abordagem institucional da empresa envolve instrução prática para desenvolver a compreensão conceitual de Matemática. Os sistemas da empresa são caracterizados pela mistura de recursos digitais, o que fornece a flexibilidade que os professores querem, bem como o equilíbrio que os estudantes precisam. Referências à empresa e ao *software* abaixo descrito apareceram em três dos artigos pesquisados.

Os produtos da empresa usam a metodologia de ensino chamada Aprendizagem Significativa<sup>39</sup>. O desenvolvimento dos sistemas é pautado pela experiência em sala de aula.

A Carnegie Learning não só está alinhada com os padrões atuais de educação Matemática, mas também é baseada na busca da compreensão científica de como as pessoas aprendem, e uma compreensão do mundo real de como aplicar esta ciência à Matemática conceitual. Um de seus produtos é o Mika - MATHia, voltado para o processo de aprendizagem individual. Ele é o resultado de mais de 20 anos de pesquisa em Ciência Cognitiva e IA, da Carnegie Learning. Ao contrário dos *softwares* tradicionais de questões/exercícios, este faz sugestões e oferece *feedbacks* instantaneamente e individualmente para cada aluno, baseado não apenas no que ele sabe ou não, mas também na estratégia específica que o estudante usa para resolver um problema. Ou seja, o processo mental para o desenvolvimento da tarefa é rastreado pelo tutor (modelo cognitivo do aluno). Os sistemas, ainda, auxiliam no acompanhamento para atingir as habilidades necessárias. Por exemplo, se um aluno está tendo dificuldades para resolver equações lineares, identificar isso parece muito

<sup>39</sup> A **aprendizagem significativa** é o conceito central da teoria da aprendizagem de David Ausubel. Trata-se de um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, os conhecimentos novos relacionam-se com os conhecimentos prévios que o aluno possui.

bom, mas melhor ainda é identificar que o erro ocorreu. No momento, os cursos de reforços de conteúdos para estudantes universitários alcançam um faturamento de U\$ 6,7 bilhões por ano. A Matemática é a área com maior demanda por esse tipo de curso.

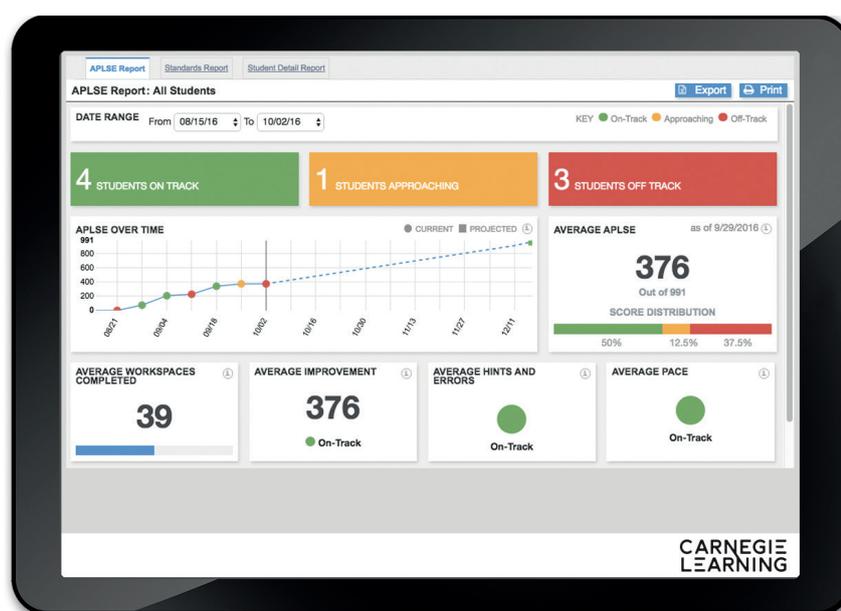
### 7.1.1.2 Mika e MATHia

Mika e MATHia são ambientes para o ensino de Matemática. A única diferença entre eles é o conteúdo. O Mika está focado no ensino médio e o MATHia, que incorpora técnicas de IA, daí o “ia” em seu nome, é voltado para alunos de 6 a 12 anos. Ambos são ambientes de STIs.

A equipe de desenvolvimento é multidisciplinar, envolvendo pesquisas em Ciências Cognitivas e IA e habilidade de Programação e *Design*.

Em testes com mais de 18 mil estudantes, o desempenho dos indivíduos que usaram o ambiente foi praticamente duas vezes maior que o grupo que não o usou. São resultados expressivos tanto no tamanho da amostra quanto no desempenho obtido pelos estudantes que utilizaram o sistema. A figura 28, a seguir, apresenta uma visão do sistema.

**Figura 28** – Interface do sistema Mika-MATHia



Fonte: disponível em: <<http://www.carnegielearning.com/products/software-platform/mathia-learning-software>>.

### 7.1.1.3 North Carolina State University

Esta é a segunda universidade dos EUA que mais produz artigos na área de STIs e STIs Afetivos, tendo à frente o professor James Lester, do departamento de *Computer Science*. Verificamos no *site* da universidade, na página do departamento, em registros de patentes e em possíveis *startups*, mas nada foi encontrado que relacione a produção de artigos em STIs e possíveis produtos. Encontramos apenas um registro de patente em Computação com o título “*Methods, systems, and computer program products for providing automated customer service via an intelligent virtual agent that is trained using customer-agent conversations*”. Ou seja, uma patente em IA, sem aplicações diretas na Educação, porém na área do prêmio descrito adiante.

Embora a patente encontrada não tenha aplicações diretas na Educação, o professor Lester está associado à empresa Alelo, que é considerada outro caso de sucesso nos EUA.

A Alelo<sup>40</sup> cria soluções de aprendizagem na área da Comunicação. A empresa vem fornecendo recursos de aprendizado baseados em simulações virtuais desde 2003, quando se desenvolveu como um projeto de pesquisa financiado pela DARPA, na Universidade do Sul da Califórnia (EUA). O programa de Pesquisa Inovadora para Pequenas Empresas, da Força Aérea norte-americana, financiou a empresa para desenvolver tecnologia de aprendizagem baseada na *web*, para a consciência cultural. A plataforma Enskill, da Alelo, está sendo usada por alunos de várias partes do mundo para desenvolver habilidades de comunicação.

A empresa utiliza tecnologias de Agentes Pedagógicos Animados<sup>41</sup> (personagem que aparece na figura 29) no desenvolvimento de seus cursos, que são voltados, principalmente, para o ensino de línguas. Essas tecnologias buscam combinar agentes animados e sua relação com os ambientes de aprendizagem inteligentes. O objetivo é que os sistemas inteligentes possam interagir com estudantes de maneira natural, *human-like*, para conseguir melhores resultados de aprendizagem. O conceito tornou-se um elemento essencial para experiências de aprendizagem eficazes.

<sup>40</sup> Disponível em: <<https://www.alelo.com/>>. Acesso em: maio 2017.

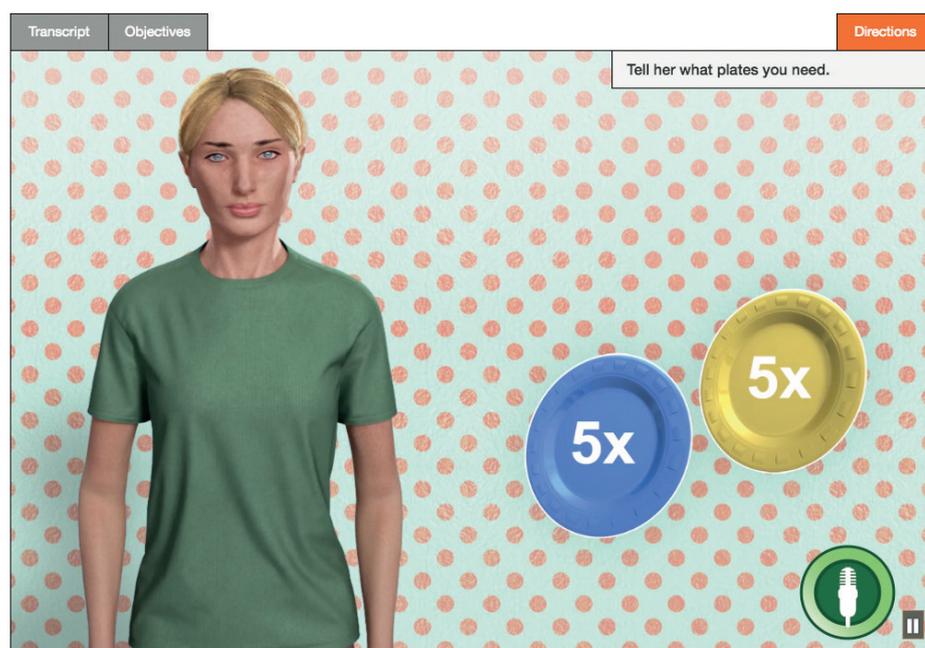
<sup>41</sup> São programas de computador desenvolvidos utilizando-se da Engenharia de Software baseada em agentes, mas a componente de tomada de decisão utiliza estratégias pedagógicas isto.

Por exemplo, o primeiro batalhão de Fuzileiros Navais que retornou do Iraque, sem qualquer fatalidade de combate, aprendeu a língua e cultura árabes num jogo imersivo de aprendizado da Alelo, desenvolvido com o uso de agentes pedagógicos. Referências à empresa e aos seus produtos na área do aprendizado de línguas apareceram em dois dos artigos pesquisados.

A equipe da empresa é multidisciplinar no que se refere à formação e atuação de cientistas da Computação (principalmente da área de IA), de *Design Gráfico* e de *Linguística*. Possui 8 pessoas em cargos de gerência e administração, 7 conteudistas/linguistas, 8 da Computação, 3 de *Marketing* e 2 *Designers Gráfico*.

Agentes animados desempenham papel proeminente nos produtos e soluções da Alelo. Jogadores virtuais dão aos alunos oportunidades de desenvolver e praticar suas habilidades de comunicação e avaliar seu desempenho e nível de domínio. Treinadores virtuais fornecem *feedback* com um toque humano, para incentivar e mostrar empatia. A plataforma Enskill (figura 29) oferece soluções de aprendizado que incorporam agentes animados/assistentes virtuais de aprendizagem a estudantes de todo o mundo.

**Figura 29** – Interface do Enskill



Fonte: disponível em: <<https://www.alelo.com>>.

Este ano, a Fundação Internacional para Agentes Autônomos e Sistemas Multiagentes (IFAAMAS)<sup>42</sup> selecionou um artigo, de coautoria do Dr. Lewis Johnson, da Alelo Inc., do professor James Lester, da North Carolina State University, e do falecido Dr. Jeff Rickel, da University of Southern Califórnia, para receber o Prêmio de *Influential Paper Award* 2017, atribuído em maio de 2017. Intitulado “Agentes pedagógicos animados: interação face a face em ambientes de aprendizagem interativos”, o artigo publicado no ano 2000 lançou as bases para uma ampla gama de produtos educacionais que incorporam tecnologia de agentes animados.

O foco do estudo é o de combinar tecnologias de agentes animados e sua relação com os ambientes de aprendizagem inteligentes. O artigo foi publicado no *International Journal of Artificial Intelligence in Education* e é um dos mais citados da revista. A professora Judy Kay, coeditora-chefe do periódico, disse: “Este trabalho de pioneiros e líderes de nosso campo forneceu a base para uma nova maneira de enquadrar o software educacional inovador” (Johnson, W. J; Rickel J.: Lester, J. “Agentes pedagógicos animados: interação face-a-face em ambientes interativos de aprendizagem”. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 11, 47-78, 2000).

#### 7.1.1.4 Prazas Learning Inc

O sistema Thinkster Math<sup>43</sup> é comercializado pela Prazas Learning Inc, empresa fundada em 2014 por Mr. Raj E. Valli, localizada em Kendall Park, New Jersey (EUA), com escritório em Bengaluru, na Índia. Este sistema foi criado em 2010 com o nome Tabor e depois alterado para Thinkster Math.

Tabor ou Thinkster Math é um serviço para a aprendizagem ativa<sup>44</sup> da Matemática de graus K5 (equivalente ao ensino fundamental, séries iniciais), K-6 e 7 (equivalente ao fundamental, séries finais). Fornece planilhas digitais ilimitadas e adaptadas especificamente para as necessidades de cada aluno. É um STI personalizado que supervisiona a aprendizagem

42 A IFAAMAS é uma organização sem fins lucrativos cujo objetivo é promover a ciência e a tecnologia nas áreas de IA, agentes autônomos e sistemas multiagentes.

43 Disponível em: <<http://hellothinkster.com/>>. Acesso em: maio 2017.

44 Aprendizagem ativa é um termo técnico para um conjunto de práticas pedagógicas que abordam a educação em sala de aula de forma interativa. Ou seja, o aluno não pode ser somente um receptor do conteúdo, mas um participante ativo do processo de aprendizagem. Busca incentivá-lo para que busque o conhecimento por conta própria.

e fornece *feedback* regular. Esse aplicativo móvel possibilita experiências de aprendizado em qualquer lugar, a qualquer hora. É comercializado através de uma mensalidade no formato de associação. Ou seja, o usuário se associa a Thinkster para poder receber planos de ensino, chamados de planilhas. Cada planilha é acompanhada com um tutorial em vídeo. O estudante começa com um teste de diagnóstico que fornece a sua classificação instantânea em cada pergunta. Os pais recebem atualizações semanais sobre o desempenho dos filhos. O currículo do Thinkster está alinhado com o CCSS (*Common Core*), para os níveis de ensino cobertos: jardim de infância até a 8ª série. O Thinkster foi desenvolvido na linguagem de programa PHP e possui aplicativos para Android e iOS.

As avaliações existentes são as típicas de redes sociais, onde usuários colocam suas opiniões. Ou seja, não foram encontradas avaliações formais sobre a sua eficiência. A empresa possui 32 funcionários, sendo eles o fundador, o cofundador, o gerente de negócios, o diretor acadêmico, os analistas de dados, o analista de RH, o consultor de *marketing* digital, os desenvolvedores de *software*, o engenheiro de qualidade, o desenvolvedor de currículo, o instrutor, o professor, os especialistas em conteúdo e o desenvolvedor de jogos. Trata-se de uma equipe interdisciplinar. O fundador, Raj E. Valli, possui mestrado em Química pelo Indian Institute of Technology, MBA na University of Maryland College Park e mestrado em *Medical and Pharmaceutical Chemistry* pela University of Virginia. A apresentação do sistema é exibida na figura 30.



## 7.1.2 Universidades e empresas do Canadá

Optamos por apresentar os centros de pesquisa do Canadá, pois é o país que aparece em 2º lugar na área de STIs e em 3º em Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos. Conta com 30 artigos nos últimos três anos em STIs. No entanto não possui patentes registradas nestes temas. As principais universidades com produções nas áreas-foco desta pesquisa são: University of British Columbia (8), Université de Montréal (4) e University of Alberta (3). Existe uma grande distância entre o primeiro país em produção de artigos, os EUA, e o segundo, o Canadá.

### 7.1.2.1 University of British Columbia

Na University of British Columbia (UBC), uma das principais pesquisadoras de IA aplicada à Educação é a professora Cristina Conati, que produz *software* e também bases (redes) de representação do conhecimento que são compartilhadas e reutilizadas por outros grupos de pesquisa de todo o mundo. Sua principal aplicação está em IA e sistemas educacionais afetivos, com foco em *Serious Games* e Jogos Educacionais. No entanto suas bases de conhecimento que representam modelos afetivos são amplamente reutilizadas em Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos.

O propósito do grupo é integrar pesquisas em Inteligência Artificial, Interação Homem-Computador e Ciência Cognitiva, para criar interfaces de usuário inteligentes que possam adaptar-se às necessidades de cada um. O objetivo principal é o de estender a gama de estados e traços do usuário que podem ser capturados de forma confiável em um modelo computacional. Esses traços são utilizados para adaptação de características cognitivas (conhecimento, habilidades, metas), estados afetivos (emoções, humores, atitudes) e de habilidades metacognitivas (por exemplo, a capacidade de explorar efetivamente um grande espaço de informação) e traços de personalidade. As áreas de pesquisa do grupo são: Interfaces inteligente, Modelagem de Usuários, Computação Afetiva, STIs e Agentes Virtuais Inteligentes.

Na busca por empresas que tiveram origem na UBC<sup>48</sup>, encontramos várias da área de tecnologia e uma em particular, na área de IA. No entanto nenhuma na área de IA e Educação.

<sup>48</sup> Disponível em: <<https://uilo.ubc.ca/ubc-spin-companies/full-list-spin-companies>>. Acesso em: maio 2017.

### 7.1.2.2 Universidade de Montreal

A Universidade de Montreal (Université de Montréal) aparece com os trabalhos do professor Claude Frason, na área de STIs e também em Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos. No departamento de Computação, os campos de pesquisa com vinculação a este trabalho são: Inteligência Artificial, *Machine Learning*, Visão Computacional e Tradução Computacional.

No que se refere aos STIs, é importante lembrar que foi Claude Frason quem criou a área de pesquisa e o congresso *Intelligent Tutoring Systems*, que é analisado em detalhes no presente trabalho.

### 7.1.2.3 Empresas e produtos comercializados no Canadá

Encontramos apenas uma *startup* da Universidade de Toronto, a *Crowdmark*, que trabalha com sistemas educacionais<sup>49</sup>, mas trata-se de um LMSs que não utiliza tecnologias da IA.

O destaque vai para a empresa de tecnologia de ponta na área de Emoções, a Receptiviti<sup>50</sup>, que vem atuando com análise de emoções em texto há mais de 20 anos. O núcleo de Receptiviti é a sua aplicação de análise de texto, o *Linguistic Inquiry e Word Count (LIWC)*<sup>51</sup> cujo desenvolvimento teve início em 1993. É um dicionário composto por aproximadamente 6.400 palavras, cada uma marcada em várias categorias de acordo com seu significado afetivo. A API do Receptiviti oferece três serviços, cada um deles com um número mínimo de palavras para trabalhar corretamente. A análise para detecção de emoção, por exemplo, recomenda um mínimo de 300 palavras. Além disso, antes de solicitar uma análise, os usuários precisam especificar o tipo de texto que vão enviar: texto de mídia social, revisões de produtos, etc. Embora o serviço ofereça suporte tanto ao inglês quanto ao espanhol, as pontuações de emoção são retornadas apenas para entrada da primeira língua. As informações fornecidas pela API, juntamente com a faixa de cada pontuação, incluem não só as

<sup>49</sup> Disponível em: <<https://crowdmark.com/>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>50</sup> Disponível em: <<https://labs.receptiviti.com/> (acesso em maio 2017) >. Acesso em: maio 2017.

<sup>51</sup> Disponível em: <<http://www.receptiviti.ai/science-and-psychometric-properties/>>. Acesso em: maio 2017.

emoções detectadas, mas sugestões sobre a personalidade do escritor. Receptiviti pode ser usado através de API ou sua interface *web*. Existe uma *demo* gratuita, mas a versão completa é cobrada. O custo do uso inicia-se em U\$ 250 mensais para 10.000 documentos. Trata-se de uma pequena empresa com uma equipe de apenas 8 funcionários, sendo 3 deles sócios (um CEO, um CTO e um cientista chefe), um engenheiro sênior, um psicólogo, uma linguista computacional, um cientista de dados e um engenheiro de *software*.

Recentemente, o governo canadense lançou um programa ambicioso visando tornar o país líder mundial na área de pesquisa e desenvolvimento de sistemas que utilizam IA e, para isso, investiu U\$127 milhões<sup>52</sup> em um instituto público-privado chamado The Vector Institute<sup>53</sup>.

### 7.1.3 Universidades mexicanas

Apenas duas universidades do México são responsáveis por colocar o país no 2º lugar em termos de publicações em Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos. São elas: o Instituto Tecnológico de Culiacán, com o pesquisador Cabad R. Z., que publicou 7 artigos no período, e a Universidade Autônoma de Baja Califórnia, com o pesquisador Juárez-Ramires Reyes, que publicou 5 artigos no intervalo analisado. No entanto esses grupos não possuem produção de *software* com finalidade comercial, nem com livre distribuição.

A Universidade Autônoma de Baja Califórnia fica localizada na cidade de Tijuana, na fronteira com os EUA. Lá existem muitas empresas americanas instaladas devido ao custo da mão de obra. Essas empresas, e mesmo o governo norte-americano, injetam recursos para a manutenção da instituição, que é considerada uma das mais importantes do México.

O Instituto Tecnológico de Culiacán é uma instituição de ensino muito pequena, sem grande expressividade em termos nacionais e sua produção está vinculada ao Departamento de Computação, que possui apenas o curso de mestrado em Computação. Ou seja, depende de um único professor.

<sup>52</sup> Disponível em: <<https://www.ft.com/content/3110b1bc-148a-11e7-b0c1-37e417ee6c76>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>53</sup> Disponível em: <<http://vectorinstitute.ai>>. Acesso em: maio 2017.

Embora o México apareça bem colocado em relação à América Latina em buscas realizadas no Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, não encontramos registros nas áreas de abrangência deste trabalho. O país aparece, em termos gerais, em 9º em STIs na Scopus, e em 8º na WOS.

## 7.2 Universidades na área de Jogos Educacionais e Jogos Sérios

As tecnologias de Jogos Educacionais e Jogos Sérios, em particular, apresentam tendência para serem incorporadas em sistemas educacionais, em geral, até 2030. No estágio atual, seu desenvolvimento, ainda, é muito caro.

Com base nos dados que foram catalogados, o destaque vai para universidades do Reino Unido com parcerias com instituições da Alemanha.

A *Coventry University UK* possui 44 publicações na área. O jogo mais conhecido é *Pegaso*, que tem a finalidade de prevenir a obesidade combinando uma experiência divertida com um propósito educacional. É um projeto do *Serious Games Institute (SGI)* e está disponível gratuitamente para Android<sup>54</sup>. Ele pode ser classificado como um jogo de educação alimentar. No Reino Unido, temos ainda a *University of the West of Scotland* e *Heriot-Watt University* com mais de 20 publicações na WOS. Entretanto não encontramos um jogo em particular de destaque que tenha sido produzido por elas.

Através de pesquisas conjuntas com as universidades do Reino Unido, a Alemanha aparece em destaque na WOS, com as universidades *Technische Universität Darmstadt* e *University of Bremen*, ambas com mais de 30 publicações. Dos artigos da Universidade de Bremen, 13 publicações foram realizadas em parceria com a Universidade de Edinburgh.

Como apresentado, tanto a área de Jogos Sérios quanto a área de Jogos educacionais realizam P&D em vários países, dentre eles o Brasil<sup>55</sup> e a França<sup>56</sup>.

<sup>54</sup> Disponível em: <<http://www.seriousgamesinstitute.co.uk/applied-research/PEGASO.aspx>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>55</sup> Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ThinkBoxGames.VrumAB.VRUM>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>56</sup> Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.PolyarthriteAndar.AJKO>>. Acesso em: maio 2017.

No entanto todos esses jogos ou não utilizam IA ou utilizam pequenos componentes que podem ser classificados como tecnologias de IA. No Brasil, em particular, na década de 2010, surgiram *startups* de universidades que foram logo adquiridas por grandes empresas internacionais. Mas suas aplicações, que em muitos casos utilizavam IA, estavam vinculadas ao entretenimento.

### **7.3 Universidades na área de *Massive Online Open Courses***

Como já foi dito neste texto, o 1º lugar na área de MOOCs é ocupado pelos EUA, sendo as principais plataformas: a Coursera (fundada pelos professores Andrew Ng e Daphne Koller, da Universidade Stanford), a UDACITY (organização educacional com fins lucrativos fundada por Sebastian Thrun, David Stavens e Mike Sokolsky), mas que também surgiu em Stanford e a edX (Instituto de Tecnologia de Massachusetts). Ou seja, duas surgiram no Departamento de Computação da Universidade de Stanford e uma no MIT. No entanto, em termos de publicações nos últimos três anos, a Carnegie Mellon possui 42 artigos, seguida do MIT com 32. A seguir, apresentaremos apenas o MIT.

#### **7.3.1 Massachusetts Institute of Technology (MIT)**

O Massachusetts Institute of Technology (MIT) é uma universidade privada de pesquisa em Cambridge, Massachusetts, muitas vezes citada como uma das universidades mais prestigiadas do mundo. Fundada em 1861 em resposta à crescente industrialização dos Estados Unidos, a instituição adotou um modelo universitário politécnico europeu e enfatizou a instrução de laboratório em Ciência e Engenharia Aplicada. A pesquisa na área da defesa pós-guerra contribuiu para a sua rápida expansão.

O instituto é tradicionalmente conhecido por sua atuação e educação nas Ciências e Engenharia. A Escola de Engenharia do MIT foi classificada em primeiro lugar em vários *rankings* universitários internacionais e nacionais. O Departamento de Computação apresenta destaque em todas as áreas, logo IA é uma delas. O MIT trabalha em conjunto com empresas e instituições do governo norte-americano. O Departamento de

Computação possui composição multidisciplinar, contando com professores/pesquisadores das áreas da Linguística que trabalham em PLN, além de psicólogos e biólogos que trabalham em várias áreas da IA. A plataforma de MOOCs desenvolvida no instituto é a *edX*, amplamente utilizada nos EUA, no Reino Unido, na Índia e na Austrália. As pesquisas atuais da área estão voltadas para *Data Analytics*, *Learning Analytics* e *Big Data*. Dos 33 artigos vinculados ao MIT, 23 tratam desses assuntos. Os demais apresentam a plataforma, trazem exemplos de cursos e também falam dos resultados obtidos pelos alunos que os utilizam. Esses artigos estão distribuídos por vários pesquisadores.

### 7.3.2 Universidade Carlos III

A Universidade Carlos III, de Madrid, na Espanha, foi fundada em 1889. É uma das seis universidades públicas da região, sendo a 6ª melhor universidade espanhola. Em 2009, a instituição recebeu a qualificação de *campus* de excelência internacional pelos ministérios da Educação e da Ciência da Espanha.

O principal autor na área de MOOCs é o professor Carlos Delgado Kloos, que publicou 34 artigos, sendo 20 deles nos últimos 4 anos. Em 2017, este pesquisador já publicou 6. Essa produtividade coloca a Espanha em 2º lugar na pesquisa na área de *Massive Online Open Courses*. Mesmo assim, os dados representam a metade da produção dos EUA. Além da Carlos III, a Universidad Nacional de Educación a Distancia merece destaque pelo número de alunos que possui e que utilizam MOOCs.

O principal produto da Espanha é a plataforma de MOOC Miríada X, também utilizada em Portugal e na América Latina. O financiamento para seu desenvolvimento veio, principalmente, da rede Universia e pela Telefônica. Ela é o resultado de um projeto que envolveu várias universidades da Ibero-América. Como a maioria das plataformas, Mérida X é de uso livre.

### 7.3.3 European Data Science Academy (EDSA)

Como os MOOCs são uma área de aplicação, as pesquisas, para além do desenvolvimento das plataformas, estão situadas na *Big Data* e na *Learning Analytics*. Em 2015, a Open University criou a *European Data*

*Science Academy* (EDSA), que nada mais é do que uma plataforma *on-line* para a formação de cientistas em toda a Europa. A previsão é que as ações desta iniciativa, que oferece cursos de formação em *Big Data*, *Data Analytics* e *Learning Analytics* e capacita empresários que desejam trabalhar na área, deverá crescer em 160% até 2020, gerando quase 56 mil empregos por ano apenas no Reino Unido. O projeto é liderado pelo Knowledge Media Institute<sup>57</sup> da Open University. Ou seja, vinculado ao centro de pesquisa da universidade para Ciências Cognitivas e de Aprendizagem, IA e Multimídia.

Com um investimento de € 2,9m (£ 2,2 milhões) da União Europeia, o desenvolvimento da EDSA tem como base a experiência de instituições educativas como o Instituto Jozef Stefan (Eslovênia), Kungiga Tekniska Hoegskolan (Suécia), Universidade de Southampton e Technische Universiteit Eindhoven (Países Baixos). Outras organizações envolvidas são o Open Data Institute (ODI), com sede em Londres, que foi fundado pelo criador da *web*, Tim Berners-Lee; o Fraunhofer IAIS, um dos principais institutos alemães de pesquisa aplicada; Idexlab, uma empresa francesa de inovação aberta; e Persontyle, uma empresa social do Reino Unido focada em Aritmética e Ciência dos Dados.

Na Open University, os principais pesquisadores são: Bart C. Rienties (21 artigos nos últimos 4 anos), em *Learning Analytics (LA)*, como psicólogo educacional, conduziu pesquisas interdisciplinares em aprendizagem colaborativa e focou no papel da integração social no aprendizado; e a Dra. Rebecca Ferguson (17 artigos nos últimos 4 anos), também em LA, seu trabalho tem auxiliado na implementação da área na Europa. Rebecca é a consultora pedagógica do MOOC FutureLearn, onde coordena a rede acadêmica FutureLearn, unindo acadêmicos de mais de 110 instituições por todo o mundo.

## 7.4 Grupos de pesquisa no Brasil

O objetivo do presente trabalho recai sobre os grupos internacionais que estão pesquisando, desenvolvendo e utilizando IA na Educação, porém o Brasil concentra entre 3% e 4% de toda a pesquisa realizada

<sup>57</sup> Disponível em: <<http://kmi.open.ac.uk/>>. Acesso em: maio 2017.

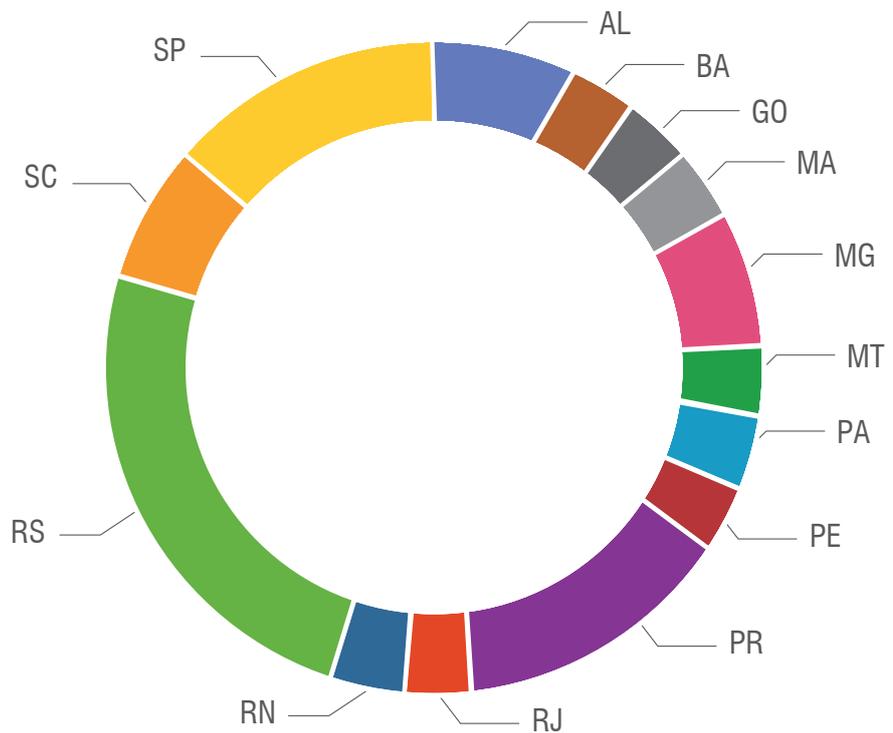
no mundo nessa área nos últimos três anos, de acordo com as bases Scopus e WOS. Dos segmentos pesquisados, as melhores colocações do país estão nas áreas de STIs e Inteligência Artificial e Educação, mas também aparece com algum destaque em Jogos Educacionais, Jogos Sérios e Robótica Educacional. O mesmo não ocorre com relação a patentes. Não encontramos registros no Inpi, nos últimos três anos. Mesmo assim, consideramos importante trazer um panorama da situação brasileira. Para tanto, utilizamos a ferramenta de busca por grupos de pesquisa do CNPq. O Brasil possui registrados 605 grupos de pesquisa em IA. Em particular, os de STIs, MOOCs e Robótica Educacional são apresentados nos gráficos da figura 31, figura 32 e figura 33. A busca foi realizada utilizando os campos relativos ao nome do grupo, nome da linha de pesquisa e suas palavras-chave.

Dentre os grupos encontrados, selecionamos alguns que também desenvolvem produtos nessas áreas. No caso dos MOOCs, encontramos 3 grupos, sendo que apenas 2 informam que pesquisam a área. Um está localizado na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e outro na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O terceiro é da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Já em STIs existem 29 grupos. Destes selecionamos 4 que desenvolvem produtos. São eles: Universidade de São Paulo (USP) São Carlos, que também possui uma *startup*, a Meu Tutor, em parceria com a Universidade Federal de Alagoas (Ufal), e tem como pesquisador principal o professor Seiji Isotani; a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com a professora Rosa Vicari, com a pesquisa e os desenvolvimentos de sistemas educacionais que utilizam tecnologias de IA. A UFRGS tem como principais usuários a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e o Ministério da Educação (MEC). A instituição também gerou uma *startup*, a Cognitiva Brasil. A Ufal, com os professores Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto e Evandro de Barros Costa, atua também como a Comunnitas, que comercializa o LMS Copa. A Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), que desenvolve sistemas disponíveis na *web*, tendo à frente os pesquisadores Patrícia Jaques, com o tutor PAT, e João Carlos Gluz, com o tutor Heráclito. Esses grupos produzem e disponibilizam na internet ou comercializam *software* do tipo Sistema Tutor Inteligente e possuem regularidade na pesquisa,

constatada através de suas publicações. Na sequência apresentamos os grupos de pesquisa do Brasil.

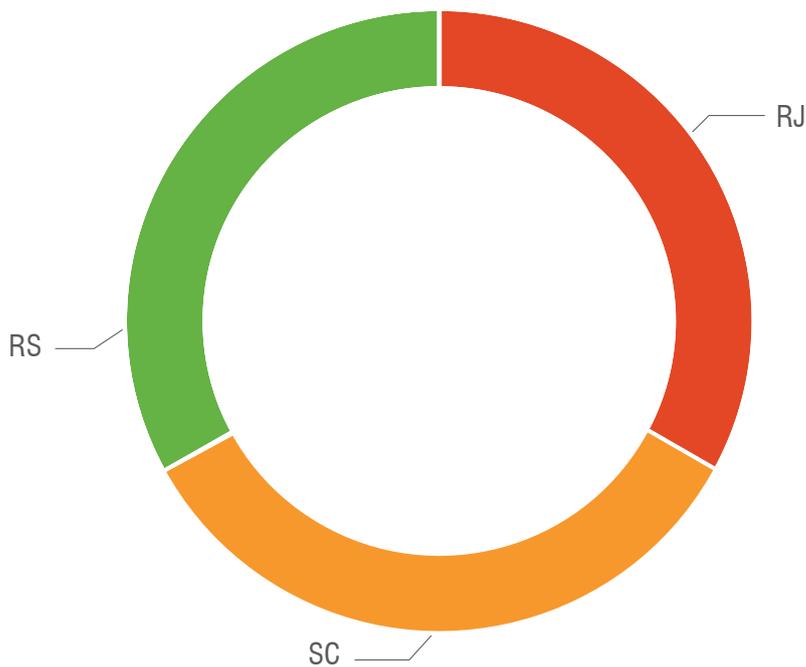
A figura 31 apresenta os grupos de pesquisa em STIs; a figura 32 traz os grupos de MOOCs; e o gráfico da figura 33 mostra os grupos de pesquisa sobre Robótica Educacional (65), que não necessariamente trata de Robótica Inteligente.

**Figura 31** – Grupos de pesquisa em tutores inteligentes por estado



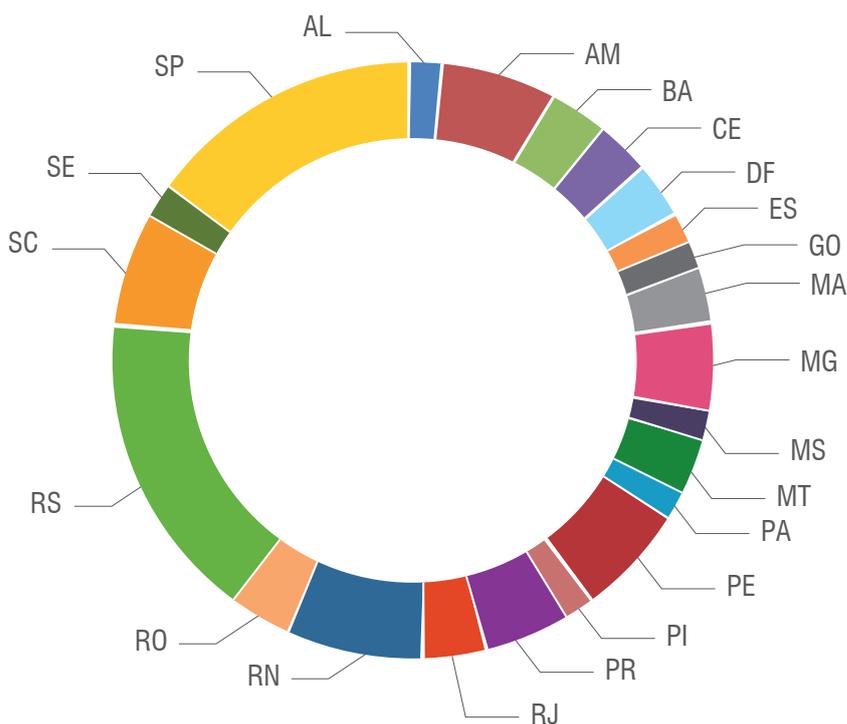
Fonte: elaboração própria.

A partir do gráfico da figura 31 se pode observar que as pesquisas na área de STIs se encontram distribuídas por 14 dos 22 estados. Há concentração de grupos de pesquisa nos seguintes estados: Rio Grande do Sul, com 7 grupos; Paraná com 4; e São Paulo também com 4.

**Figura 32 – Grupos de pesquisa em MOOCs por estado**

Fonte: elaboração própria.

Já no caso dos MOOCs, a pesquisa está restrita a apenas três estados, sendo que os grupos estão mais focados no desenvolvimento dos conteúdos do que na pesquisa da área propriamente dita. Ou seja, no Brasil, o tema é recente e não obteve ainda a atenção das instituições de ensino e pesquisa.

**Figura 33 – Grupos de pesquisa em robótica por estado**

Fonte: elaboração própria.

É possível verificar nos três gráficos anteriores que existem mais grupos de pesquisa registrados em Robótica Educacional do que nas demais áreas abordadas neste trabalho. Em seguida, temos os grupos de STIs, que, mesmo em menor número, se encontram bem distribuídos e consolidados no país. Por último, temos os poucos grupos de MOOCs, que se encontram em apenas três estados.

Os grupos de Robótica Educacional, na sua maioria, não trabalham exatamente com Robótica Educacional Inteligente. Ou seja, a IA é utilizada no desenvolvimento de pesquisas e protótipos apenas no ensino superior. Ainda, em quase todas as ocorrências da Robótica Inteligente, esta é utilizada para ensinar a própria área ou para ensinar Programação.

Não foram encontrados grupos cujo foco seja especificamente LMSs.

Após a apresentação dos grupos de pesquisa internacionais e de breve panorama do que se faz no Brasil, serão apresentados produtos, para além dos que já foram mostrados quando falamos em universidades e suas *startups*. Esses produtos estão diretamente vinculados com as áreas desta pesquisa e já possuem uso educacional ou possuem grande potencial para isso.





## 8 PRODUTOS QUE APRESENTAM TENDÊNCIA PARA A IA NA EDUCAÇÃO

As tendências em tecnologias de IA aplicadas à Educação, em particular nos temas-foco deste trabalho, se encontram de várias formas: em artigos recentes, muitas vezes ainda nem publicados; seguindo as universidades que lideram a área tanto em publicações quanto no desenvolvimento de produtos; e, principalmente, olhando para empresas que lançam novas aplicações que quebram o paradigma estabelecido.

Neste item, optamos por apresentar várias empresas, grandes, médias e pequenas, nas áreas de IA, com destaque para ambientes de ensino-aprendizagem, que, no estágio atual do desenvolvimento tecnológico, optamos por continuar a chamar de LMSs, Afetividade/Emoções e PLN. Afetividade/Emoções e PLN. Consideramos áreas transversais a MOOCs, STIs, LMSs e Robótica Inteligente Educacional. A seleção das empresas foi realizada de duas maneiras: encontramos patentes registradas ou através de artigos científicos publicados por pesquisadores destas empresas. No que se refere a LMSs, estes serão tratados nesse item, pois a P&D é feita por empresas e não mais por universidades, onde a área é considerada estável.

## 8.1 Google

As informações aqui apresentadas foram obtidas dos últimos editais para apoio à pesquisa e não estão restritas à IA, são elas: Google Maps, Interação Humano-Computador; Recuperação da Informação (extração e organização envolvendo *Data Mining* e também *Web Semântica*), incluindo gráficos semânticos; Internet das Coisas, incluindo Cidades Inteligentes; Aprendizagem de Máquina; Computação Móvel; PLN; Interfaces Físicas e Imersão; privacidade dos dados; e outros tópicos relacionados com a *web semantic*. Dentre os temas de interesse da Google, muitos deles podem afetar diretamente o desenvolvimento de sistemas educacionais, que são foco deste trabalho.

Na área de aplicações educacionais, a Google utiliza uma estratégia diferenciada. Os produtos são lançados para uso geral. Depois de um tempo, são agrupados no *Google for Education*, que é um *Learning Management System*. Assim, quando o produto educacional é colocado à disposição do público, as pessoas já conhecem como utilizar as várias tecnologias que o compõem, evitando a necessidade de capacitações. Este LMS é voltado para escolas e faculdades e é uma solução que contempla aplicativos de produtividade do G Suite, conteúdo educacional do Google Play e dispositivos Chromebook (*Chromebooks for Education*) e *tablets*. Todo conhecimento produzido durante uma aula é salvo em nuvem, utilizando 100% da tecnologia *web*. O G Suite é formado por diversas ferramentas, como as que são descritas a seguir:

- Gmail – *e-mail* profissional com acesso a partir do seu telefone ou *tablet*.
- Hangouts – ferramenta que possibilita fazer reuniões por vídeo ou áudio com uma ou várias pessoas.
- Agenda – reuniões e compromissos da escola podem ser agendados e compartilhados facilmente com todos os alunos e professores. É possível marcar, compartilhar, adicionar lembretes e receber notificações de eventos.
- *Drive* – permite armazenar e gerenciar arquivos e documentos na nuvem e compartilhá-los com outras pessoas.

- Documentos – ferramenta colaborativa de edição de documentos textuais que permite construir um documento com todos os alunos trabalhando ao mesmo tempo.
- Apresentações – assim como Documentos, esta ferramenta possibilita a criação de apresentações de forma colaborativa.
- Planilhas – também *on-line* e colaborativa, permite que sejam criadas planilhas com fórmulas integradas, tabelas dinâmicas e opções de formatação condicional.
- Sites – possibilita criar páginas na internet de forma fácil, sem precisar saber programar para *web*.

Esta solução encontra-se disponível nos servidores da Google (não sendo possível sua instalação em servidores próprios). Além dos serviços, é possível a utilização dos aplicativos móveis para iOS e Android.

## 8.2 MasteryConnect

A MasteryConnect diversificou seus produtos com soluções de acesso e competências educacionais. Apresenta uma plataforma *web* que inclui o Socrative, projetado para auxiliar professores a avaliar o nível de conhecimento de seus estudantes, em tempo real. Essa avaliação permite fornecer orientação e conteúdo de forma personalizada. O Socrative é a plataforma educacional que mais se aproxima da ideia dos *Ecosystems*.

A equipe de profissionais é multidisciplinar, no entanto não conseguimos saber o número de pessoas em cada área do conhecimento que trabalham por lá.

A empresa está localizada no Headquartered em Salt Lake City e também em Utah, nos EUA, e atende em torno de 2 milhões de professores e 21 milhões de alunos, distribuídos em 85% dos estados norte-americanos, além de 170 países. Ela foi fundada por grandes investidores em Educação, incluindo Catamount Ventures, Trinity Ventures, Mark Zuckerberg e Priscilla Chan, the Michael & Susan Dell Foundation, Pelion Venture Partners, NewSchools Venture Fund, Imagine K12, Learn Capital, Deborah Quazzo of GSV Advisors e um grupo do Silicon Valley, de Los Angeles.

O Socrative<sup>58</sup> é um sistema multiplataforma, disponível na internet, que capacita professores para motivar e avaliar seus alunos. O sistema ajuda o docente a entender como a aprendizagem ocorre para cada estudante (característica de Sistemas Tutores Inteligentes). A interação acontece via fórum e mensagens eletrônicas, características de LMSs. Por meio do uso de perguntas em tempo real (estratégia de ensino socrática encontrada em 4 artigos a partir de 2016), o sistema instantaneamente classifica, agrega e fornece resultados visuais para ajudar a identificar oportunidades (compreensão do aluno, desempenho e métricas de progressão), para o fornecimento de instrução adicional. Os educadores podem iniciar avaliações formativas via quiz, pesquisas de perguntas rápidas – *exitTickets*. As respostas em tempo real para cada aluno permitem personalizar o ensino. Testes de compreensão imediata na sala de aula fornecem as informações necessárias para modificar as estratégias de ensino adicionais. Os dados do ExitTickets permitem que os estudantes estabeleçam suas próprias metas e acessem o aprendizado direto. A longo prazo, esses dados permitem aos professores e alunos acompanhar o progresso acadêmico ao longo do semestre. Não foram encontrados dados de avaliação para este sistema. Como se trata de um produto novo que incorpora muitas das tendências aqui prospectadas para os próximos cinco anos, consideramos normal o fato de não termos encontrado avaliações. Estão disponíveis duas versões do sistema, o Socrative sem custo, que é uma versão de demonstração, e o Socrative Pro, que é comercializado.

O Socrative representa várias das funções que são apresentadas na arquitetura de Coelho e Primo (2017) e de Benabbou et al. (2017), pois congrega fóruns para a comunicação professor-aluno e entre os alunos, de jogos para avaliação do conhecimento do estudante e conexão com a internet para a realização de pesquisas. Embora ainda ele possa ser classificado como um LMS, trata-se de um *software* de transição que aponta na direção dos *Ecosystems*.

---

58 Disponível em: <[www.socrative.com](http://www.socrative.com)>. Acesso em: maio 2017.

## 8.3 Tecnologias e produtos da área de Afetividade/Emoções

Optamos por apresentar tecnologias e produtos da área de Afetividade/Emoções que estão ou poderão influenciar a IA aplicada à Educação nos próximos anos (tanto em curto como em médio prazo). São temas transversais às três áreas-foco desta pesquisa. Esta afirmação se firma, além dos números de artigos e teses e dissertações, na quantidade de novas empresas que surgiram recentemente e, também, pelas empresas consolidadas que pesquisam a área e lançam produtos experimentais. Grande parte destas foram localizadas através do registro de patentes.

Esse fato demonstra que tais produtos são promissores, embora muitos estejam em fase de testes e outros já estejam sendo comercializados, mas com custos ainda altos para o mercado da Educação. Dessa forma, o que os artigos científicos apontam se verifica na prática. Algumas dessas tecnologias já são utilizadas em sistemas de ensino-aprendizagem, como nos Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos, e serão incorporadas, cada vez mais, em aplicações que realizam correção automática de textos educacionais. Ainda, por já termos abordado em vários pontos deste texto, a incorporação dessas tecnologias irá significar um aumento de qualidade e de eficiência para muitos dos sistemas educacionais e também para a Robótica Educacional (a aprendizagem depende de motivação e a motivação é gerada a partir das emoções). Apresentaremos, a seguir, algumas empresas selecionadas por possuírem o potencial buscado neste estudo.

### 8.3.1 Vokaturi

A Vokaturi, fundada em 2016 e com sede em Amsterdã, na Holanda (o país possui pesquisa relevante na área de PLN), desenvolve *software* que reflete o estado da arte no reconhecimento de emoções a partir da voz humana. A empresa oferece várias bibliotecas, em C e Python<sup>59</sup>, para que os desenvolvedores possam integrar a detecção de emoção a partir da fala em suas aplicações. Vokaturi oferece três tipos de licenças para usar

<sup>59</sup> Disponível em: <Linguagens de programação de computadores>. Acesso em: maio 2017.

sua tecnologia<sup>60</sup>: OpenVokaturi, uma versão *open-source* da biblioteca Vokaturi, distribuída sob licença GPL, tem uma precisão na classificação de 66,5%; VokaturiPlus, versão fechada, é utilizada para aplicações comercializadas e tem uma precisão na classificação de 76,1%; VokaturiPro, versão que permite ao cliente treinar o Vokaturi para reconhecer emoções de forma personalizadas e tem uma precisão na classificação de 76,1%. A empresa utiliza uma combinação de seis emoções básicas<sup>61</sup> (exceto para surpresa e nojo) e também considera a neutralidade (falta de emoções). A presença ou não da intensidade de cada emoção é denotada com um valor entre 0 e 1, que representa o peso da emoção. O OpenVokaturi opera no computador-cliente, logo não precisa de acesso à internet. Por outro lado, não é tão poderoso quanto outros serviços que devolvem os resultados calculados por uma rede de computadores.

### 8.3.2 EmoVoice

EmoVoice é um sistema para o reconhecimento das emoções das propriedades acústicas da fala (Vogt T., André E. 2008). Foi desenvolvido pelo Departamento de Multimídia da Universidade de Augsburg, com início em 2005, e foi recentemente integrado na interpretação de Sinal Social (SSI)<sup>62</sup> (Wagner, F. 2011). Ele oferece ferramentas para registrar, analisar e reconhecer o comportamento humano em tempo real. A diferença principal entre este produto e os demais é que ele funciona criando um modelo e o treinando para reconhecer emoções que podem ser posteriormente conectadas à internet para serem utilizadas em análises e classificações. Ou seja, permite que os usuários criem os próprios bancos de dados de fala, juntamente com o fato de que o *framework* SSI é uma tecnologia baseada em *patch*, o que dá aos usuários mais flexibilidade, usando XML para especificar os diferentes elementos em cada etapa. Os desenvolvedores podem criar um detector de emoções completamente personalizado. EmoVoice, assim como o SSI, é uma ferramenta complexa, de baixo nível, que pode ser configurada para um projeto pequeno ou para um projeto no qual não exista tempo suficiente para programar a parte da emoção.

<sup>60</sup> Disponível em: <<https://vokaturi.com/>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>61</sup> Disponível em: <<http://www.theemotionmachine.com/classification-of-emotions/>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>62</sup> Disponível em: <<https://www.informatik.uni>>. Acesso em: maio 2017.

Outra opção para o reconhecimento emocional da fala é a Good Vibrations Company, fundada em 2011, com sede em Rhenen, também na Holanda. Este sistema não possui avaliações sobre seu desempenho até o momento. Oferece apenas o manual da tecnologia<sup>63</sup>.

## 8.4 Tecnologias e produtos da área de emoções e excreções faciais

A área de Emoções integra, como no caso da fala, expressões faciais que refletem as emoções que uma pessoa pode estar sentindo. Sobrancelhas, lábios, nariz, boca, músculos do rosto, todos revelam o que estamos sentindo. Mesmo quando uma pessoa tenta fingir alguma emoção, ainda assim seu rosto diz a verdade. As tecnologias utilizadas neste campo de detecção de emoções funcionam de forma análoga às utilizadas na fala: detectam um rosto, identificam os pontos cruciais que revelam a emoção expressa e processam suas posições para decidir qual emoção está sendo vivida.

Os principais produtos usados para identificar emoções de expressões faciais são: Emotion API (Microsoft Cognitive Services), Affectiva, nViso e Kairos.

### 8.4.1 Emotion API

Emotion API<sup>64</sup> é um dos serviços oferecidos pelo pacote Microsoft Cognitive Service. Essa API recebe uma imagem ou um vídeo e identifica os rostos e as emoções expressas sobre eles. A presença de cada emoção é denotada a partir da confiança com que ela é detectada pelo *software*. Por exemplo, na imagem de uma pessoa sorridente, a felicidade será detectada com um alto nível de confiança, enquanto a tristeza e o medo serão detectados com um baixo valor de confiança.

As emoções identificadas são as seis básicas estabelecidas por Paul Ekman<sup>65</sup>, mais o desprezo e o neutro (ausência de emoção). Existe uma demonstração disponível para fins de teste, na qual os usuários podem

<sup>63</sup> Disponível em: <<http://good-vibrations.nl/>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>64</sup> Disponível em: <<https://www.microsoft.com/cognitive-services/en-us/emotion-api>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>65</sup> Disponível em: <<http://www.theemotionmachine.com/classification-of-emotions/>>. Acesso em: maio 2017.

enviar uma imagem e verificar os resultados produzidos. Embora o serviço seja baseado em nuvem, a Microsoft oferece um SDK para Android, Python e .NET, o que permite uma fácil integração em projetos. O serviço tem várias opções de licenciamento, incluindo uma versão gratuita, que recebe, mensalmente, 30.000 pedidos de análise de imagens, 300 uploads de vídeos e 3.000 consultas de *status* de vídeo.

### 8.4.2 Affective

Fundada em 2009 por Rana el Kaliouby e Rosalind Picard (considerada a mãe da computação emocional), esta empresa nasceu no MIT Media Lab e tem experimentado um dos maiores crescimentos no setor de detecção de emoções a partir de expressões faciais<sup>66</sup>. Sua tecnologia identifica sete emoções e 20 pontos no rosto, incluindo também gênero, idade e etnia. Analisando os *pixels* destas 20 zonas, Affective classifica a expressão facial detectada levando em conta o Sistema de Codificação de Ação Facial de Paul Ekman<sup>67</sup>. Também oferece um SDK para Java, Objective-C, C ++, Unity, Javascript e Windows, sendo uma das tecnologias mais fáceis de integrar em um projeto. A ferramenta está disponível de forma completamente livre (à exceção das companhias que geram lucro maior que US\$1.000.000 anualmente, com finalidades não acadêmicas).

### 8.4.3 nViso

Sediada na Suíça e fundada em 2009, fornece soluções de IA mais escaláveis, robustas e precisas para medir as reações emocionais instantâneas dos consumidores em ambientes *on-line* e varejistas. Usando o mesmo sistema da Affective e da nViso, indica a emoção detectada a partir do modelo de emoções básicas de Ekman, mais o estado neutro<sup>68</sup>. A nViso não oferece versão de demonstração ou de teste, e as informações de preços devem ser solicitadas para usá-la.

<sup>66</sup> Disponível em: <<http://www.affective.com/who/about-us/>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>67</sup> Disponível em: <<http://blog.affective.com/the-emotion-behind-facial-expressions>>. Acesso em: maio 2017.

<sup>68</sup> Disponível em: <<http://developer.affective.com/#pricing>>. Acesso em: maio 2017.

#### 8.4.4 Kairos

Outra empresa que trabalha na detecção de emoções a partir de expressões faciais é Kairos, fundada em 2012, com sede em Miami<sup>69</sup>. Seus serviços incluem também reconhecimento facial, identificação e verificação, emoção, idade, sexo, sentimento, etnia e detecção de multiface, medições de atenção e agrupamento de rostos. Eles podem ser acessados via API, embora exista um SDK que funcione *off-line*. Em seu *site* corporativo, Kairos oferece várias demos de seus serviços, juntamente com um *sandbox* para começar a experimentar a API diretamente no navegador. Os serviços oferecidos precisam de fotos ou vídeos para produzir um resultado. No caso dos vídeos, eles são divididos em segmentos de 0,033 segundos de comprimento, analisando cada segmento para encontrar os rostos sobre ele e as emoções expressas em cada um. A Kairos oferece três opções de licenciamento diferentes para seu uso, embora exista uma versão gratuita para fins pessoais que forneça acesso a todos os recursos. Como dito antes, a empresa tem uma versão *off-line* (SDK), mas ela não é livre. Esse tipo de tecnologia ainda não é utilizado no Ensino a Distância, mas, certamente, seria muito útil para identificar os alunos em cursos de EAD. Também seria muito útil para exames, como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), que poderia ser realizado de forma *on-line*, gerando grande economia de recursos.

Uma desvantagem sobre essa tecnologia é que ela exige o *upload* do conteúdo que queremos analisar para alguma plataforma *on-line*, além disso, os resultados da análise não são imediatamente fornecidos, ou seja, é necessário verificar manualmente e periodicamente se os resultados estão disponíveis. Isso pode adicionar alguma latência séria, impedindo a simulação de um comportamento em tempo real.

Dentre estes produtos, analisamos todos os que possuíam *demos* gratuitos. No que diz respeito aos resultados, cada tecnologia por nós testada mostrou uma precisão considerável. No entanto várias condições (reflexo sobre óculos ou luz refletida sobre os rostos) mascaram marcos importantes na face que está sendo identificada, gerando resultados errados. Por exemplo, uma expressão de dor numa situação em que os

<sup>69</sup> Disponível em: <<https://www.kairos.com/>>. Acesso em: maio 2017.

olhos e/ou as sobrancelhas não podem ser vistos pode ser detectada como um sorriso por estas tecnologias (devido ao fator boca aberta para choro, que pode ser confundido com sorriso). Já no que diz respeito ao tempo, Emotion API e Affectiva apresentam tempos semelhantes para digitalizar uma imagem, enquanto o Kairos demora muito mais para produzir um resultado. Ademais, a quantidade de valores retornados pela Affectiva fornece bem mais informações aos desenvolvedores, além do que é mais fácil interpretar a emoção que o usuário está mostrando do que quando temos apenas o peso de seis emoções, por exemplo. É também notável a disponibilidade da Affectiva, que fornece serviços gratuitos para aqueles dedicados à Pesquisa e Educação ou que produzem menos de U\$1.000.000 por ano. Sem contar que ela também detecta diferentes expressões faciais, gênero, idade, etnia, valência e engajamento.

Não há tecnologias disponíveis para detecção de emoções a partir de gestos corporais e também não há consenso, até o momento, sobre quais dados seriam necessários para isso. Normalmente, as experiências sobre este tipo de detecção de emoções utilizam estruturas ou tecnologias para detectar o corpo do usuário (por exemplo, o Kinect da Microsoft), portanto as pesquisas são responsáveis pela elaboração de seus próprios modelos e esquemas para a detecção, ou seja, essa tecnologia será alvo de estudos no médio prazo.

Como vemos, existem tanto empresas pequenas quanto grandes investindo na área, tal como a Microsoft. Ainda, fica clara a intersecção da Afetividade com o PLN, que é outra das áreas destaques para o futuro próximo de aplicações em geral e, em particular, para sistemas de ensino-aprendizagem.

## **8.5 Tecnologias e produtos da área de Processamento de Linguagem Natural (PLN)**

Outra tendência transversal é o PLN, que compartilha várias empresas com a área de Afetividade, já apresentadas no item anterior. Cabe lembrar que o termo integra o processamento da língua natural, falada e escrita nas formas de compreensão, tradução e geração da língua.

Os EUA são o país que mais desenvolve esta tecnologia, se considerarmos as duas bases pesquisadas, seguido do Reino Unido e da Espanha, na WOS, e da China e da Índia, na Scopus. Vale notar que, na base WOS, a Índia nem aparece entre os nove países com maior número de produção. Ainda, a China tem como foco a língua chinesa e, por este motivo, optamos por não incluir suas empresas neste relatório.

Certamente, os maiores produtos de PLN estão presentes nas várias aplicações já amplamente conhecidas da Google e também no Watson da IBM.

A Google foi a primeira grande empresa a investir fortemente em PLN. A seguir, serão apresentadas várias APIs que utilizam essa tecnologia.

### 8.5.1 API Cloud Natural Language

A API *Cloud Natural Language* foi liberada pela Google para que desenvolvedores conseguissem criar aplicativos que entendam a linguagem humana com maior facilidade. Este serviço é fundamental para a criação de *chatbots* robustos e eficazes. A API provê uma quantidade incalculável de informações a partir de um parágrafo de texto, que são enviadas para a nuvem, processadas e transferidas de volta para a aplicação, incluindo os sentimentos por trás das palavras estudadas e análises da estrutura da sentença. Além disso, pode identificar menções, incluindo pessoas, empresas, eventos, localizações e produtos. Os custos são calculados por registros de texto enviados para a avaliação da API. Um registro de texto pode conter até 1.000 caracteres Unicode. Os caracteres extras serão contados como um registro adicional. Os preços são em dólares para cada 1.000 registros de texto e são computados mensalmente baseados no uso da API, variando de acordo com o tipo de solicitação, que pode ser:

- **Entity Analysis:** identifica entidades e rotula por tipos, como pessoa, organização, localização, eventos, produtos e mídia.
- **Sentiment Analysis:** compreende o sentimento geral expresso em um bloco de texto.
- **Entity Sentiment Analysis (beta):** compreende o sentimento para as entidades identificadas em um bloco de texto.
- **Syntax Analysis:** faz uma análise sintática do texto enviado.

Os preços são descritos na tabela 9, a seguir.

**Tabela 9 – Custos da Google API Cloud *Natural Language***

Ferramenta	0 - 5K	5K+ - 1M	1M+ - 5M	5M+ - 20M
<i>Entity Analysis</i>	Grátis	\$1.00	\$0.50	\$0.25
<i>Sentiment Analysis</i>	Grátis	\$1.00	\$0.50	\$0.25
<i>Syntax Analysis</i>	Grátis	\$0.50	\$0.25	\$0.125
<i>Entity Sentiment Analysis</i> (beta)	Grátis	\$2.00	\$1.00	\$0.50

Fonte: elaboração própria.

### 8.5.1.1 API Google Speech API

Também de propriedade da Google, a *API Google Speech API* converte áudio em texto, reconhecendo mais de 80 idiomas. Também é possível filtrar conteúdo inadequado nos resultados de texto e personalizar o reconhecimento de voz de acordo com o contexto, fornecendo um conjunto separado de dicas de palavras em cada chamada a API. Isso é útil especialmente para os casos de uso de controle de dispositivo/aplicativo. A *Speech API* pode fazer *streaming* dos resultados de texto, retornando-os de modo parcial conforme ficam disponíveis. Assim, o texto reconhecido é exibido imediatamente após a fala. A *Speech API* também pode retornar o texto reconhecido de um áudio armazenado em um arquivo.

A ferramenta oferece até 60 minutos de uso gratuito, após isso o valor é de até 1.000.000 minutos por U\$ 0,006. Esse preço é para aplicativos em sistemas pessoais, por exemplo, telefones, *tablets*, *laptops* ou *desktops*. É necessário entrar em contato para verificar o valor e solicitar aprovação para uso da *Speech API* em dispositivos incorporados, como carros, TVs, eletrodomésticos ou alto-falantes.

Além da API, o Google possui um assistente pessoal chamado *Google Now*, que é disponibilizado para todos os usuários do sistema operacional Android. Esse sistema interpreta comandos e consegue responder a perguntas a partir de frases digitadas ou faladas. O uso é gratuito.

### 8.5.2 Google Home

O *Google Home* é similar ao *Google Now*, no entanto, é uma pequena caixa de som que é conectada à internet e atende a comandos de voz. Com esses comandos, o usuário poderá pedir para exibir um vídeo ou informações em uma televisão, desde que tenha o sistema Android, ou pedir para que toque determinada música ou um artista em especial. Também será possível fazer buscas como “Qual era a população dos EUA quando a NASA foi criada?” O produto é vendido por R\$ 1.099,00 (cotação do dia 18/6/2017).

A Google possui também uma ferramenta de tradução<sup>70</sup> que é mundialmente difundida e de uso gratuito. Ela permite traduzir instantaneamente palavras, frases e páginas da *web* de um idioma para outro. Dispõe a tradução entre o inglês e mais de 100 outros idiomas. Permite também que o usuário fale uma frase, escute e a leia no idioma previamente definido.

Para fazer uso externo dessa ferramenta de tradução, dentro da aplicação-cliente, a Google disponibilizou a *Cloud Translation API*. Esta ferramenta possui detecção automática de idioma para casos em que a origem é desconhecida. Os preços dela baseiam-se no uso e é calculado em milhões de caracteres. Para tradução, custa U\$ 20 por um milhão de caracteres. Para detecção do idioma, U\$20 também por um milhão de caracteres.

### 8.5.3 Watson – IBM

*Watson* é uma plataforma de IA para negócios da IBM. A plataforma funciona através de APIs que podem ser integradas, em princípio, em qualquer *software* a ser desenvolvido, e divide-se em diversos produtos e modelos de preço. O Processamento de Língua Natural tanto escrita como falada está presente na interface do *Watson*.

#### 8.5.3.1 Interface Conversation

*Interface* de língua natural para automatizar interações com usuários finais. Os aplicativos comuns incluem agentes virtuais e robôs de bate-papo

<sup>70</sup> Disponível em: <<https://translate.google.com.br/?hl=pt-BR>>. Acesso em: maio 2017.

(*chatbots*) que podem se integrar e se comunicar com qualquer canal ou dispositivo. O serviço *Watson Conversation* é projetado para que se possa construir fluxos de conversa natural entre aplicativos e usuários. Os preços da ferramenta são feitos baseado no número de chamadas: até 10 mil por mês é gratuito, depois disso, o custo é de U\$ 0,0025 por chamada.

### 8.5.3.2 *Language Translator*

É uma biblioteca que permite a tradução dinâmica de textos. Pode ser usada para, por exemplo, realizar publicações em múltiplos idiomas instantaneamente ou que uma equipe responda *e-mails* em português e o sistema traduza automaticamente para inglês. Os preços dessa ferramenta são baseados no número de caracteres traduzidos: até 1.000.000 por mês – é gratuito; ou U\$0,02 por mil caracteres.

### 8.5.3.3 *Personality Insights*

Fornece *insights* de dados de mídia social e transacionais para identificar traços psicológicos que determinam decisões de compra, intenção e traços comportamentais, utilizados para melhorar as taxas de conversão. Atualmente, a versão é gratuita e limitada a 1.000 chamadas mensais.

### 8.5.3.4 *Text to Speech*

O serviço de *Text to Speech* processa texto e língua natural para gerar saída de áudio sintetizada com cadência e entonação adequadas. Está disponível em várias vozes. Quanto ao uso, até 1.000.000 de caracteres é gratuito, após custa U\$ 0,02 por mil caracteres.

### 8.5.3.5 *Discovery*

É um mecanismo de análise de conteúdo e busca cognitiva em aplicativos para identificar padrões, tendências e *insights* acionáveis que levem a uma melhor tomada de decisão. Unifica de modo seguro dados estruturados e não estruturados com conteúdo semântico (pré-enriquecido) e usa uma linguagem de consulta simplificada para eliminar a necessidade de filtragem manual de resultados. O custo por ambiente: ambiente 1 – 2GB de RAM e disco de 48 GB, limitado a 4.000 enriquecimentos, tem o

valor de U\$960,00 mensais; ambiente 2 – 8GB de RAM e disco de 192 GB, limitado a 16.000 enriquecimentos, o valor é de U\$3.460,00 mensais; ambiente 3 – 16GB de RAM e disco de 384 GB, limitado a 3.2000 enriquecimentos, no valor de U\$6.530,00 mensais.

#### 8.5.3.6 *Natural Language Classifier*

O serviço *Natural Language Classifier* aplica técnicas de cálculo cognitivo para retornar as melhores classes correspondentes para uma sentença ou frase. Por exemplo, você envia uma pergunta e o serviço retorna, no aplicativo, chaves para as melhores respostas correspondentes ou para as próximas ações. Permite treinamento para criar uma instância do classificador, fornecendo um conjunto de sequências representantes e um conjunto de uma ou mais classes corretas. Após o treinamento, o novo classificador poderá aceitar novas perguntas ou frases e retornar as principais correspondências com um valor de probabilidade para cada uma. A cobrança é feita por chamada na API: U\$20,00 por instância; U\$0,0035 por chamada; e U\$ 3,00 por evento de treinamento.

#### 8.5.3.7 *Retrieve and Rank*

O serviço do IBM Watson *Retrieve and Rank* ajuda os usuários a localizar as informações mais relevantes para sua consulta, usando uma combinação de procura e algoritmos de aprendizado de máquina (*Machine Learning*) a fim de detectar *signals* nos dados. Construídos na parte superior do Apache Solr, os desenvolvedores carregam seus dados no serviço, treinam um modelo de aprendizado de máquina baseado em resultados relevantes conhecidos e, em seguida, alavancam o modelo para fornecer resultados melhorados, aos seus usuários finais, com base na pergunta ou consulta. A cobrança é feita por hora de instância para cada *cluster* Solr, baseado no tamanho deste, por cada chamada da API, modelo e evento de treinamento. Os custos variam entre U\$0,30 por hora por *cluster* do Solr; U\$10,00 por modelo de aprendizado e U\$0,00089 por chamada da API.

#### 8.5.3.8 *Tone Analyzer*

As pessoas mostram vários sinais, como alegria, tristeza, raiva e amabilidade, em suas comunicações diárias. Tais sinais podem ter impacto na

efetividade da comunicação em diferentes contextos. O *Tone Analyzer* alavanca a análise linguística cognitiva para identificar uma variedade de sinais nos níveis de sentenças e de documentos. Este *insight* pode ser usado para refinar e melhorar as comunicações. O produto detecta três tipos de sinais, incluindo emoção (raiva, repugnância, medo, alegria e tristeza), propensões sociais (sinceridade, escrúpulo, extroversão, amabilidade e faixa emocional) e estilos de texto (analítico, confiante e hesitante). Para os custos, ele possui dois planos: gratuito, limitado a 2.500 chamadas por mês, e o outro em que as primeiras 250.000 chamadas da API custam U\$ 0,0088, depois até 5 milhões de chamadas por U\$ 0,0013 e as seguintes, U\$ 0,0008.

#### 8.5.3.9 *Document Conversion*

O serviço de conversão de documentos do IBM Watson converte um único documento HTML, PDF ou Microsoft Word em um HTML normalizado, um texto simples ou um conjunto de unidades de resposta formatadas por JSON, que podem ser usados com outros serviços Watson. O custo é de U\$0,05 por MB. Os primeiros 100 MB por mês são gratuitos.

#### 8.5.3.10 *Natural Language Understanding*

Realiza a análise de textos usando o entendimento de língua natural para extrair metadados (informações sobre os dados) do conteúdo, tais como conceitos, entidades, palavras-chave, categorias, impressões, emoção, relações e funções semânticas. Com os modelos de anotação customizada desenvolvidos utilizando-se o Watson Knowledge Studio, é possível identificar, em texto não estruturado, entidades e relações específicas de domínio/segmento de mercado. Possui dois planos, um gratuito limitado a 1.000 itens de classificação por mês; e o padrão por U\$800,00 mais um custo de U\$0,003 por itens de classificação.

#### 8.5.3.11 *Speech To Text*

O serviço *Speech to Text* converte a voz humana em palavra escrita. Pode ser usado em qualquer lugar em que for necessário cobrir a lacuna entre a palavra falada e sua forma escrita, incluindo controle de voz de sistemas

integrados, transcrição de reuniões e conferências telefônicas e ditado de e-mail e notas. Esse serviço, de fácil utilização, usa a IA para combinar informações sobre gramática e estrutura de linguagem com o conhecimento da composição do sinal de áudio para gerar uma transcrição precisa. Os primeiros 1.000 minutos são gratuitos, após há um custo de U\$ 0,02 por minuto.

#### 8.5.3.12 *Visual Recognition*

Analisa imagens para cenas, objetos, rostos e outros conteúdos. É possível escolher um modelo-padrão oferecido pelo sistema ou criar o próprio classificador customizado. Localiza imagens similares em uma coleção. É gratuito para até 250 imagens por dia e depois custa, em média, U\$ 0,004 por uso (varia de acordo com a aplicação).

### 8.5.4 **Produtos e tecnologias da empresa Nuance na área de PLN**

A Nuance<sup>71</sup> foi fundada em 1992, com sede em Burlington, Massachusetts, nos EUA, e tem aproximadamente 14.000 funcionários. Atua em vários países, com foco na tradução da fala. É especializada em aplicativos para linguagem técnica, como comando de equipamentos por voz, linguagem jurídica e médica.

Seus aplicativos traduzem fala para linguagem técnica e traduzem da linguagem técnica para a linguagem coloquial. Opera com as seguintes línguas: inglês (EUA, Reino Unido, Canadá, Austrália), espanhol (castelhano e suas variações para a América Latina), catalão, alemão, francês (França e Canadá), italiano e português (Portugal e Brasil).

Os produtos visam evitar que as pessoas necessitem aprender constantemente a linguagem da tecnologia e, em vez disso, apenas se comuniquem na linguagem humana. Ou seja, como o sistema reconhece voz, o usuário não precisa utilizar *menus* nem utilizar comandos técnicos para realizar tarefas.

---

<sup>71</sup> Para a realização desta etapa, foi feito um estudo sobre as conferências e os periódicos mais importantes da área, um levantamento das bases acadêmico-científica (Scopus, ISI e base de teses de dissertações) e de patentes nas quais foram efetuadas buscas para uma análise quantitativa.

Trata-se de uma empresa pioneira em tornar a tecnologia fluente em línguas humanas: desde a compreensão das palavras faladas à extração do seu significado para interpretar, de forma adaptativa e transparente, o deslize da ponta do dedo. O foco de sua pesquisa está na incorporação de tecnologias que permita perceber detalhes de palavras, ações e significado.

Atualmente, a empresa iniciou uma parceria com a Apple. O anúncio está feito com o seguinte título: “A Nuance está trabalhando em conjunto com a Apple para oferecer aos clientes serviços de IA no iMessage”. Esta união visa possibilitar que as marcas possam se conectar com seus clientes por meio do iMessage e resolver problemas imediatamente e em contexto. Com a plataforma *Nuance Digital Engagement* trabalhando com *Business Chat*, as marcas podem iniciar conversas diretas em língua natural (em princípio traduzida em tempo real) para serviços de atendimento ao cliente e negócios.

Os serviços da Nuance são utilizados por empresas, profissionais liberais e também por estudantes de Direito Internacional, Medicina e Comércio Internacional. No entanto não obtivemos informações sobre quantos seriam esses usuários, no momento. A companhia possui várias tecnologias e serviços, todas voltadas para tradução e disponíveis para PC e Mac. Do ponto de vista de possibilidades futuras, a Nuance visa tecnologias que possibilitem a diminuição das barreiras entre a língua natural e as linguagens técnicas.

Acreditamos que o serviço de tradução em tempo real, realizada em diferentes línguas, possa ser muito útil para a EAD, principalmente nas situações em que existem vídeos ou encontros com professores e colegas.

A tradução simultânea de voz é realizada também pela Skype, como pode ser visto no vídeo com exemplo em situação de sala de aula<sup>72</sup>.

<sup>72</sup> Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=G87pHe6mP0I>>. Acesso em: maio 2017.



países da América Latina com destaque em termos de produção científica, sendo que o Brasil possui mais *startups* na área. Porém, entre as 10 maiores *startups* brasileiras da área educacional, nenhuma atua com IA<sup>73</sup>.

A IA vem desafiando a Ciência da Computação para criar máquinas que se assemelhem cada vez mais aos humanos em suas funções. Com isso, vem revolucionando a forma como a indústria opera atualmente. Países como os EUA, o Japão, a Alemanha e o Reino Unido já possuem suas economias dependentes dos avanços da tecnologia, fato que foi amplamente discutido neste relatório. Dessa forma, apresentamos exemplos de países que buscam, através da Educação, sua adaptação para a nova realidade tecnológica.

Em termos concretos, as escolas de várias nações estão utilizando STIs que incorporam, em seu desenvolvimento, algumas das tecnologias apontadas aqui. Por exemplo, na escola de Frederiksvaerk, na Dinamarca, professores e alunos estão entusiasmados com o uso do *SmartBooks*, um Sistema Tutor Inteligente que se adapta aos caminhos individuais de aprendizagem dos alunos do ensino fundamental, com base na compreensão de texto escritos, após a realização de cada tarefa<sup>74</sup>. Mais de 25 escolas da Suécia estão adotando o *Education Albert*, uma solução de aprendizado que usa algoritmos de *Machine Learning* para capacitar tutores de Matemática, a fim de oferecer aulas personalizadas aos estudantes<sup>75</sup>. Esses tutores são similares a Mathia e Thikster (ensino de Matemática) e Alelo (ensino de Línguas) utilizados nos EUA e também nos demais países de língua inglesa. Assim, esses *softwares* exemplificam as tendências para o ensino personalizado.

Recentemente, o governo canadense lançou um programa ambicioso com vista a tornar o país líder mundial na área de pesquisa e desenvolvimento de sistemas que utilizam IA. Para isso, investiu U\$127 milhões em um instituto público-privado chamado The Vector Institute<sup>76</sup>. Como as tecnologias da IA que irão alavancar essa mudança, o Canadá aponta várias que também fazem parte deste estudo. Dentre elas, o aprendizado

73 Disponível em: <<http://private.openstartups.net/ranking>>. Acesso em: maio 2017.

74 Disponível em: <[go.nmc.org/fred](http://go.nmc.org/fred)>. Acesso em: maio 2017.

75 Disponível em: <[go.nmc.org/mralbert](http://go.nmc.org/mralbert)>. Acesso em: maio 2017.

76 Disponível em: <<http://vectorinstitute.ai>>. Acesso em: maio 2017.

de máquina (*Machine Learning*), que, entre outras aplicações, pode proporcionar aos computadores a capacidade de aprender sem serem explicitamente programados para tal. As interfaces de usuário estão cada vez mais naturais e sofisticadas através do reconhecimento de voz, permitindo que os seres humanos interajam com máquinas de forma semelhante a como interagem uns com os outros. As Redes Neurais, que já modelam funções dos cérebros humanos, permitem às máquinas interpretar e reagir a insumos específicos, como palavras e tom de voz, são uma tecnologia utilizada na área de Afetividade Computacional e Processamento da Língua Natural (PLN). À medida que essas tecnologias continuam a se desenvolver, a AI aplicada à Educação reforça o potencial de melhorar o ensino *on-line* por meio dos *softwares* de aprendizagem adaptativa (personalização do ensino).

Outro exemplo de nação que possui uma política de uso de tecnologia no ensino é a Coreia do Sul. O país não apareceu nos resultados das buscas específicas para o uso de IA na Educação, mas investe nesta área, de modo geral. Em um relatório de 2012<sup>77</sup>, o governo sul-coreano apresentou uma revisão de sua política de uso de tecnologias na Educação. Até então, a Coreia vinha utilizando, prioritariamente, Jogos Educacionais para os ensinos básico e fundamental. No documento, o Ministério da Educação local afirma que “já era hora de optar por sistemas mais criativos e menos lúdicos”. O país possui a internet mais rápida do mundo e também o maior percentual de acesso. A decisão do país foi a de investir 2,4 bilhões de dólares na compra de equipamentos (*tablets*, celulares e computadores) para os alunos, visando *e-learning* e *home-learning*. A política para *software* focou no conteúdo digital (livros e Objetos de Aprendizagem). O mesmo relatório aponta para o incentivo do desenvolvimento próprio desses recursos.

Esses casos de uso nos mostram que apontar para uma ou outra tecnologia pode depender de vários fatores, como os culturais, os sociais, os financeiros, o nível de desempenho escolar dos alunos-alvo, as políticas educacionais de cada país, dentre outros. Repositórios de conteúdos educacionais, por exemplo, já são utilizados no Brasil, em larga escala, há muito tempo.

---

<sup>77</sup> Disponível em: <[http://genproedu.com/paper/2013-01/full\\_003-009.pdf](http://genproedu.com/paper/2013-01/full_003-009.pdf)>. Acesso em: maio 2017.

Em 2017, o Instituto Horizon, em um relatório de abrangência geral, apontou as seguintes tecnologias como sendo as que irão marcar presença em termos de desenvolvimento mundial na Educação: ensino *on-line* (comum em muitos países, mas inexistente em tantos outros), para o prazo de um ano; Realidade Virtual e Tecnologias Vestíveis para o prazo de dois anos; baterias com larga duração, Inteligência Artificial (em geral) e *displays* holográficos, para os próximos cinco anos.

A prospecção realizada no presente trabalho não corrobora as propostas dos relatórios Horizon e de outras referências bibliográficas no que se refere à disseminação, em curto ou médio prazos, das tecnologias vestíveis/usáveis em sistemas educacionais. A exceção vai para fones de ouvido e para óculos inteligentes, com *design* e funcionalidades simplificadas. De acordo com os levantamentos de dados realizados neste estudo, tecnologias vestíveis serão ainda temas de pesquisa no curto e médio prazos, bem como a criatividade computacional e a abordagem ética para os sistemas de IA.

Em 2008, o Centro Educause realizou um estudo tendo por base a Open University, no Reino Unido, sobre plataformas LMSs. Nesse estudo são relatados casos de sucesso em LMSs e também em MOOCs. Quanto aos primeiros, o relatório aponta, como evolução das plataformas, basicamente a integração de ferramenta de redes sociais. Ou seja, corrobora a posição assumida aqui de que LMSs são uma área estabelecida em termos de pesquisa e desenvolvimento. Quanto aos MOOCs, o estudo indica a necessidade de cursos menores e do seu uso conjunto com aulas presenciais. Mas, ao contrário da posição assumida neste texto, de que os *Massive Online Open Courses*, na situação atual, não são um caso de sucesso, o estudo da Educause afirma que, para a *Open University*, estes cursos já são uma realidade indiscutível (esta afirmação não vem acompanhada de dados).

No entanto dados atuais sobre a efetividade no ensino, nos EUA, nos mostram que apenas de 5% a 10% dos estudantes universitários preferem MOOCs. Em contrapartida, de 50% a 85% estão registrados em cursos tradicionais. Entre 2012 e 2014, em 68 cursos oferecidos por diversas instituições norte-americanas, em diferentes plataformas e áreas do conhecimento, 1.710,341 alunos de várias partes do mundo iniciaram esses cursos. Destes apenas 9% obtiveram seus certificados<sup>78</sup>.

<sup>78</sup> Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2586](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2586)>. Acesso em: maio 2017.

Mas, se, por um lado, os MOOCs vêm enfrentando problemas em seu formato atual, por outro, o mesmo não acontece com as tecnologias associadas a eles. Em 2015, a Open University criou a *European Data Science Academy* (EDSA), que nada mais é do que uma plataforma *on-line* para a formação de cientistas em toda a Europa. Esta iniciativa, que oferece cursos de formação em *Big Data*, *Data Analytics* e *Learning Analytics*, deverá crescer em 160% até 2020, criando quase 56 mil empregos por ano apenas no Reino Unido. O projeto é liderado pelo Knowledge Media Institute (Ciências Cognitivas, Aprendizagem, IA e Multimídia) da Open University.

Por fim, as considerações para o uso de tecnologias da IA na Educação, com base no *Roadmap* aqui elaborado, apontam o contínuo avanço, considerando o curto e o médio prazo:

- Do uso generalizado dos produtos de PLN (tradução, reconhecimento, geração da fala e da escrita) tanto em sistemas educacionais (MOOCs, LMSs e STIs), como na Robótica.
- Da integração das tecnologias da Afetividade/Emoções tanto nos sistemas educacionais quanto no PLN e na Robótica.
- De Sistemas Educacionais com um formato híbrido, contemplando a integração de aplicativos nas plataformas, similar aos ecossistemas.
- De maior utilização, nos sistemas educacionais, da Visão Computacional (vinda da Robótica), proporcionando a identificação dos alunos em sistemas *on-line*.
- Para a adoção de material educacional digital personalizado, como os *Smartsbooks*, Objetos de Aprendizagem e Recursos Educacionais Abertos.
- Para a reconfiguração da sala de aula em espaços de aprendizagem no formato *Fab Lab*, sala de aula invertida e ambientes virtuais de ensino-aprendizagem que acompanham os alunos em qualquer local, e que incorporam, além da IA, a mobilidade e as interfaces 3D, com o uso de vários *hardwares*.

Sem dúvida, a maior mudança se dará em termos das interfaces destes ambientes (sistemas e plataformas) virtuais de aprendizagem com a

utilização do Processamento da Língua Natural (voz, escrita, tradução) e da Afetividade.

As prospecções referentes ao Processamento da Língua Natural e à Afetividade são também suportadas pelas pesquisas nas bases de patentes. Várias delas nas buscas em bases estão relacionadas a empresas nessas áreas, dentre elas: Kairos, nViso, Afectiva, Emotion API, EmoVoice, Vokaturi, Google, IBM, Nuance, Microsoft e Skype. Ainda, segundo a Carnegie Learning, o mercado de *software* educacional, considerando apenas aplicações para reforço educacional, chegará a U\$ 6,7 bilhões, nos EUA, em 2018. Essas tecnologias estarão presentes no dia a dia da Educação, no curto e no médio prazo.

De forma geral, o levantamento do Ministério do Trabalho dos EUA (Bureau of Labor Statistics, 2015) prevê um crescimento de 12%, de 2014 a 2024, na área da Tecnologia da Informação e Comunicação, um percentual maior do que a média para todas as demais ocupações consideradas no levantamento. A agência também projeta a abertura de 488.500 novas vagas de trabalho ligadas à tecnologia, passando de 3,9 milhões para 4,4 milhões de empregos entre os anos de 2014 e 2024.

Por outro lado, o Fórum Econômico Mundial (WEF – *World Economic Forum*) acredita que estamos no meio de uma “Quarta Revolução Industrial”, com economias transformadoras baseadas na Robótica e na IA, em todo o mundo. O WEF estima que 5 milhões de empregos deixarão de existir até 2020, pois serão substituídos por robôs ou a IA apresentará uma aplicação inovadora. A pesquisa do Citi<sup>79</sup> e da Universidade de Oxford, no início deste ano, estimou que 57% dos empregos na OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) estão em risco de automação<sup>80</sup>.

Para além da IA, a tecnologia que irá impactar fortemente os sistemas educacionais é a Internet das Coisas, que já vem despontando em termos de aplicações educacionais. Através deste protocolo, será possível a incorporação, na *web*, de “coisas”, que, no caso da Educação, poderão

79 Disponível em: <<http://www.citigroup.com/citi/>>. Acesso em: maio 2017.

80 Disponível em: <<http://uk.businessinsider.com/bank-of-england-mark-carney-technology-jobs-market-fourth-industrial-revolution-2016-12>>. Acesso em: maio 2017.

ser laboratórios de experimentos, transformando o que entendemos, hoje, por sistemas de computação. O impacto será maior no conceito dos ambientes (locais) de ensino-aprendizagem, em termos de presencial ou virtual. Essa diferença será cada vez menos perceptível.

Para finalizar, cabe mostrar qual é a fatia da IA na Educação, considerando as bases de artigos, teses e dissertações consultadas. Ou seja, somando-se os resultados das buscas nas bases Scopus e WOS para artigos, nos últimos três anos, em relação ao termo genérico Inteligência Artificial, temos um total de 80.454 textos indexados. Deste montante, a IA aplicada à Educação corresponde a 21.083, cerca de 1/4 da produção científica. Já em relação à base de teses e dissertações, a área de IA como um todo apresenta 6.241 resultados, sendo 948 relacionados à IA na Educação, ou seja, 15% do total. Dessa forma, o levantamento realizado constatou que parte significativa da produção científica atual em IA está relacionada ao tema da Educação, o que indica forte presença da IA nos sistemas educacionais e, conseqüentemente, um grande impacto nos processos de ensino-aprendizagem no curto e no médio prazo. Os dados nos mostram a importância que a IA na Educação tem obtido nestas mais de duas décadas de existência.





## REFERÊNCIAS

ABU SHAWAR, B.; ATWELL, E. Chatbots: are they really useful? **LDV-Forum**, v. 22, n. 1, p. 31-50, 2007.

AGNIHOTRI, L. et al. Mining login data for actionable student insight. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATIONAL DATA MINING*, 8. 2015, Madrid. **Proceedings...** Madrid: [s.n.], 2015. 472-475.

ALEVEN, Vincent et al. **Criação rápida de tutores inteligentes para uso real e experimental**. Pensilvânia: Carnegie Mellon University, 2006.

ANDERSON, J. R. **The architecture of cognition**. [S.l.]: Psychology Press, 2013.

BERGER, J. O. The case for objective bayesian analysis. **Bayesian Analysis**, p. 385-402; 457-464, 2006.

BARAK, M.; ZADOK, Y. Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 19, n. 3, p. 289-307, 2009.

BAKER, R. S. et al. Analyzing early at-risk factors in higher education e-learning courses. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATIONAL DATA MINING*, 8., 2015, Madrid. **Proceedings...** Madrid: [s.n.], 2015. p. 150-155.

BAKER, Ryan. Mineração de dados para a educação. In: MCGAW, Barry; PETERSON, Penélope; BAKER, Eva (Ed.). **Enciclopédia internacional de educação**. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2012.

BAYER, J. et al. Predicting drop-out from social behaviour of students. In: YACEF, K. et al. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATIONAL DATA MINING*, 5., 2012, Greece. **Proceedings...** Greece, 2012. p. 103-109.

BENITTI, F. B. V. Exploring the educational potential of robotics in schools: a systematic review. **Computers & Education**, v. 58, n. 3, p. 978-988, 2012.

BOVO, A. et al. Demonstration of a moodle student monitoring web application. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATIONAL DATA MINING*, 6., 2013, Memphis. **Proceedings...** Memphis, 2013. p. 390-391. 2013.

BRAITENBERG, V. **Vehicles**: explorations in synthetic psychology. 1984. Disponível em: <<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ok0qSi8cW-pyKRYHG9ljS7Q7QIL-9M19yNxi-wz6QynI/edit#gid=650397391>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BRADÁČ, V.; KOSTOLÁNYOVÁ, K. Intelligent tutoring systems. In: VINCENTI, G. et al (Ed.). **E-learning, e-education, and online training**. New Yourk: Springer, 2017. (Lecture notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, v. 180).

BAYAN, A.; ATWELL, E. **Chatbots: Are they Really Useful?**. LDV-FORUM 2007, p. 31.

BORSCHIVER, S. et al. **Roadmap tecnológico Sisal**. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA – SIMTEC*, 2014, Sergipe. **Anais...** Aracaju: [s.n.], 2014.

CALVO-FLORES, M. D. et al. Predicting students' marks from moodle logs using neural network models. **Current Developments in Technology-Assisted Education** 1, v. 1, n. 1, p. 586-590, 2006.

CARPENTIER, D. L.; LENNE, D. Uncertain learner profile for dynamic adaptation in virtual training Azzeddine Benabbou, Kevin. **Transactions on Learning Technologies, IEEE TRANSACTIONS ON JOURNAL**, 2017.

CASEY, K.; GIBSON, P. (M)oodles of data: mining moodle to understand student behaviour. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGAGING PEDAGOGY*, 10., Dublin. **Proceedings...** Dublin: National University of Ireland Maynooth, 2010.

COCHRANE TRAINING. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. 2017. Disponível em: <<http://training.cochrane.org/handbook>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

COELHO, H.; PRIMO, T. T. Exploratory apprenticeship in the digital age with AI tools. **Progress in Artificial Intelligence**, v. 1, p. 1-9, 2016.

CORRIGAN, O. Using third level educational data to help at risk students. In: *INSIGHT STUDENT CONFERENCE*, 2014, Dublin. **Proceedings...** Dublin: Dublin City University, 2014.

DOMINGOS, P. **The master algorithm**: how the quest for the ultimate learning machine will remake our world. UK: Penguin, 2017.

ELIAS, T. **Learning analytics**: definitions, processes and potential. 2011. Disponível em: <<http://learninganalytics.net/LearningAnalyticsDefinitionsProcessesPotential.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2017.

FLAVELL, J.H. Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive–developmental inquiry. **American Psychologist**, 1979.

GLUZ, J. C. et al. Heraclito: a dialectical tutor for logic. In: *PORTUGUESE CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE*, EPIA, 16., 2013, Açores, Portugal. **Proceedings...** New York: Springer, 2013. v. 8154, p. 1-2.

GRZYBOWSKI, M. Educational, technologies in South Korea. **General and Professional Education**, v. 1, p. 3-9, 2013.

HOARE, S. Students tell universities: Get out of MySpace! **Guardian Unlimited**, nov. 2007. Education section. Disponível em: <<http://education.guardian.co.uk/link/story/0,,2202291,00.html>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

HOLT, P.; WOOD, P. Intelligent tutoring systems: a review for beginners. **Canadian Journal of Educational Communication**, v. 19. n. 2, p. 107, 1990.

HORIZON REPORT. Panorama tecnológico para o ensino fundamental e médio brasileiro. [S.l.]: Firjan, 2012.

JOHNSON, L. et al. **NMC horizon report**: 2015 higher education edition. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2015.

JOHNSON, L. et al. **The 2011 horizon report**. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2011.

JOHNSON, M. et al. Towards a reference model for the personal learning environment. In: *ANNUAL ASCILITE CONFERENCE: WHO'S LEARNING? WHOSE TECHNOLOGY?*, 23., 2006, Sydney. **Proceedings...** Sydney, 2006. Disponível em: <[http://www.ascilite.org.au/conferences/sydney06/proceeding/pdf\\_papers/p141.pdf](http://www.ascilite.org.au/conferences/sydney06/proceeding/pdf_papers/p141.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

KAPPEL, T. A. Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. **The Journal of Product Innovation Management**, n. 18, p. 39-50, 2001.

MACFADYEN, L. P.; DAWSON, S. Mining LMS data to develop an “early warning system” for educators: a proof of concept. **Computers & Education**, v. 54, n. 2, p. 588-599, 2010.

MACFADYEN, L. P.; DAWSON, S. Mining **LMS** data to develop an 'early warningsystem' for educators: a proof of concept. **Computers and Education**, n. 54, p. 588–599, 2012.

MAULDIN, M. **Chatterbots, tinymuds, and the turing test**: entering the loebner prize competition. In: *NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AAAI-94)*, 12., 1994, Seattle, Washington. **Proceedings...** Seattle: AAAI, 1994.

MCCARTHY, J. **What is artificial intelligence**. 2007. Disponível em: <<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

MILLIGAN, C. The road to the personal learning environment? **CETIS**, May 2006. Disponível em: <<http://www.cetis.ac.uk/members/ple/resources/colinmilligan.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

MŁYNARSKA, E.; GREENE, D.; CUNNINGHAM, P. Indicators of good student performance in moodle activity data, computers and society. **Eprint arXiv**, 2016.

NMC Horizon Report. **Higher education edition**. 2017. Disponível em: <<http://cdn.nmc.org/media/2017-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

NMC Horizon Report. **Library edition edition**. 2017. Disponível em: <<http://cdn.nmc.org/media/2017-nmc-horizon-report-library-EN.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

NMC Horizon Report. **Technology outlook nordic school: a horizon project regional**. 2017. Disponível em: <<http://cdn.nmc.org/media/2017-nmc-technology-outlook-nordic-schools-EN.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

NWANA, H. S. Intelligent tutoring systems: an overview. **Artificial Intelligence Review**, v. 4, n. 4, p. 251-277, 1990.

NICOL, David; MACFARLANE-DICK, Debra. Avaliação formativa e aprendizagem auto-regulada: um modelo e sete princípios de boa reacção. **Studies in Higher Education**, v. 31, n. 2, p. 199-218, 2006.

PINKWART, Niels. Another 25 years of AIED? Challenges and opportunities for intelligent educational technologies of the future. **International Journal of Artificial Intelligence and Education**, n. 26, 771–783, 2016.

PRIMO, T. **Relatório preliminar sumário das iniciativas de educação da Samsung: visão geral e parecer Samsung Brasil**, 2017.

ORTONY, A.; CLORE, G. L.; COLLINS, A. **The cognitive structure of emotions**. Cambridge, UK: Cambridge University, 1988.

PEARLM, J. **Causality: models, reasoning, and inference**. Cambridge, UK: Cambridge University, 2000.

RENNIE, F.; MORRISON, T. **E-learning and social networking handbook**: resources for higher education. Routledge, UK: [s.n.], 2013.

RICH, E.; KNIGHT, K. **Inteligência artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 1994.

RUIPÉREZ-VALIENTE, J. A. et al. ALAS-KA: a learning analytics extension for better understanding the learning process in the Khan Academy platform. **Computers in Human Behavior**, v. 47, n. 1, p. 139-148, 2015.

SELF, J. A. Bypassing the intractable problem of student modeling. **Intelligent Tutoring Systems: At The Crossroads Of Artificial Intelligence And Education**, n. 41, p. 1-26, 1990.

SCLATER, N. Large-scale open source e-learning systems at open University UK. **Research Bulletin**, n. 12. 2008. Disponível em: <<http://www.educause.edu/ecar>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

SCLATER, N. Personal learning environments, virtual learning environments and formal learning. In: *EDEN CONFERENCE, 2007*, Naples, Italy. **Proceedings...** Naples, 2007.

SCLATER, N. **Web 2.0, personal learning environments, and the future of learning management systems**. Open University, Educause Center for Applied Research, 2008. Disponível em: <[www.educause.edu/ecar/](http://www.educause.edu/ecar/)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

SIEMENS, G. **What are learning analytics?** 2010. Disponível em: <<http://www.elearnspace.org/blog/2010/08/25/what-are-learning-analytics/>>. Acesso em: 02 maio 2017.

SILVA, V. F. **Avaliação da aprendizagem escolar no ensino fundamental**. Florianópolis: Bookess, 2010.

SMITH, V. C.; LANGE, A.; HUSTON, D. R. Predictive modeling to forecast student outcomes and drive effective interventions in online community college courses. **Journal of Asynchronous Learning Networks**, v. 16, n. 3, p. 51-61, 2012.

TABAA, Y.; MEDOURI, A. LASyM: a learning analytics system for MOOCS. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 4, n. 5, p. 113-119, 2013.

THEROUX, James et al. Método de casos em tempo real: análise de uma segunda implementação. **Journal of Education for Business**, p. 367-373, jul./ago. 2009.

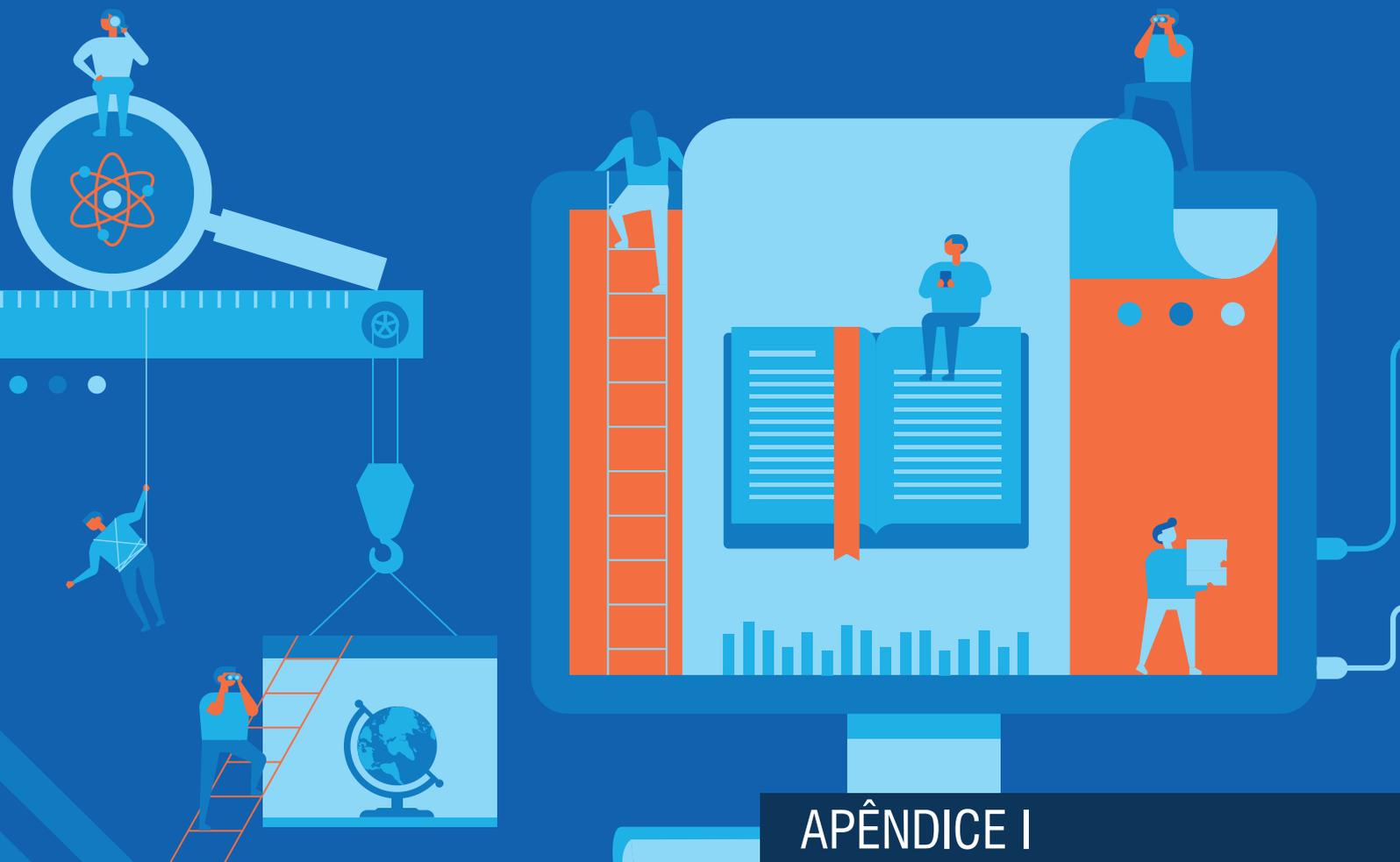
VERKAIK, R.; TAYLOR, J. Facebook backlash over sale of personal data. **The Independent**, Nov. 24, 2007. Disponível em: <<http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/facebook-backlash-over-sale-of-personal-data-760221.html>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

VOGT, T.; ANDRÉ, E.; BEE, N. EmoVoice: a framework for online recognition of emotions from voice. In: André E. (Ed.). **Multimodal dialogue systems**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008. (Lecture notes in computer science, v. 5078).

WAGNER, F. et al. The social signal interpretation framework (SSI) for real time signal processing and recognitions. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA, 21., 2013, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona, 2011. p. 831-834.

WILSON, S. Personal learning environments: challenging the dominant design of educational systems. **TENCompetence project**, 2006. Disponível em: <<http://dspace.ou.nl/handle/1820/727>>. Acesso em: 10 mar. 2017.





## APÊNDICE I

### Tecnologias Identificadas para o período de 2017 a 2030

Nome da Tecnologia	Descrição das Tecnologias
<p><b>Learning Analytics</b> para interpretação de ampla gama de dados produzidos por alunos e reunidos a fim de avaliar o progresso acadêmico, prever o desempenho futuro e detectar possíveis problemas</p>	<p>Análise preditiva por meio de métodos avançados para extrair valor de dados. Maior precisão nos dados pode levar à tomada de decisões com mais confiança favorecendo maior eficiência operacional. Essa tecnologia surgiu vinculada aos MOOCs e está sendo utilizadas pela Robótica e também por Intelligent Tutoring Systems (ITS) e LMSs. O objetivo é buscar entender o que acontece com o comportamento dos alunos, permitindo, por exemplo, prever pontos de um curso onde os alunos encontram maiores dificuldades ou tendências para o abandono.</p>
<p><b>Intelligent Tutoring Systems (ITS)</b> para ensino personalizado</p>	<p>A personalização ocorre por meio do modelo cognitivo e afetivo de cada aluno. A componente cognitiva representa o conhecimento do aluno sobre o tema que está sendo ensinado, e a componente afetiva representa o estado afetivo do aluno durante a interação com o tutor. Por exemplo, o aluno pode estar feliz por ter conseguido resolver um problema ou estar cansado, pois não consegue resolver o problema. Os ITS podem decidir, de forma autônoma, qual a melhor estratégia pedagógica para ser utilizada com o aluno, em cada momento.</p>

<p><b>Intelligent Tutoring Systems (ITS)</b> para ensino personalizado com Processamento de Língua Natural (PLN)</p>	<p>O PLN está dividido em duas componentes (Fala e Escrita). A componente fala contempla a geração e compreensão automática de línguas humanas naturais que permitem a tradução simultânea. A componente Escrita permite não apenas a comunicação entre humanos e as máquinas, mas a correção automática de textos escritos por alunos, além da geração de textos, pela máquina, para os alunos.</p>
<p><b>Intelligent Tutoring Systems (ITS)</b> para ensino personalizado com Processamento de Língua Natural (PLN) e integrado à internet das coisas (IoT)</p>	<p>A IoT permite integrar elementos físicos (objetos) à internet. Em experiências educacionais, por exemplo, podemos, através do uso de uma smartbox (dispositivo que conecta sensores ao computador e capta movimentos no ambiente externo), fazer com que, quando um aluno segure em sua mão um objeto físico, este apareça no monitor do computador ou em um dispositivo móvel, podendo ser manipulado virtualmente e também reconhecido para uma busca de informações na internet a seu respeito. Se o objeto físico for uma maçã, poderemos, no futuro, agregar cheiro, tato, informações sobre a fruta etc. A possibilidade de conectar objetos à internet vai impactar os sistemas educacionais (ITSs, LMSs e MOOCs) e os processos de ensino-aprendizagem. No contexto da educação profissional, no qual a manipulação e o fazer prático têm grande importância, a IoT pode vir a proporcionar interessantes experimentos e simulações.</p>
<p><b>Affective Intelligent Tutor Systems</b></p>	<p>Sistemas Tutoriais Inteligentes Afetivos que expressam ou detectam emoções reconhecendo estados afetivos, como alegria, tristeza, frustração, desânimo, humor etc. A tendência na Educação é que essa tecnologia permitirá que as máquinas capturem e traduzam os diferentes estados afetivos dos alunos e utilizem as informações para personalizar o seu processo de aprendizagem. Além disso, os sistemas afetivos podem gerar emoções e modular a fala para melhorar a comunicação com os estudantes.</p>
<p><b>Massive Open Online Courses (MOOCs)</b> para cursos pequenos</p>	<p>Tradicionalmente os Massive Online Open Courses (MOOCs) ofereciam cursos grandes e a tendência é que, a curto prazo, eles diminuam o conteúdo e ofereçam cursos divididos em módulos menores e com a possibilidade de serem integrados a aulas presenciais tradicionais.</p>
<p><b>Massive Open Online Courses (MOOCs)</b> com personalização do ensino</p>	<p>MOOCs tendem a ser personalizados para melhor atender a cada aluno, incluindo aqui a personalização do conteúdo educacional através de Objetos de Aprendizagem, Recursos Educacionais Abertos, Smartbooks e avaliações personalizadas que vão fornecer itinerários de aprendizagem customizados para cada aluno.</p>

<p><b>Massive Open Online Courses (MOOCs)</b> com Processamento de Língua Natural (PLN)</p>	<p>A associação dos MOOCs ao PLN vai contribuir cada vez mais para o intercâmbio entre alunos de nacionalidades diferentes e para a transmissão em tempo real de aulas em línguas distintas, as quais serão traduzidas para os estudantes. Por exemplo, um professor pode dar uma aula na Alemanha para alunos brasileiros que ouvirão a aula ao vivo em português graças à tradução automática favorecida pelo PLN.</p>
<p><b>Massive Open Online Courses (MOOCs)</b> que integrem visão computacional</p>	<p>A visão computacional está ligada ao reconhecimento de imagens e pessoas. O reconhecimento de faces pode ser muito útil em sistemas de ensino virtual para reconhecer os alunos. Por exemplo, durante a realização de uma avaliação virtual, em um MOOC ou LMS, pode ser importante ter a certeza de que o aluno que está respondendo às questões é o aluno esperado.</p>
<p><b>Massive Open Online Courses (MOOCs)</b> que integrem visão computacional e internet das coisas (IoT)</p>	<p>A IoT permite integrar elementos físicos (objetos) à internet. Em experiências educacionais, por exemplo, podemos, através do uso de uma smartbox (dispositivo que conecta sensores ao computador e capta movimentos no ambiente externo), fazer com que, quando um aluno segure em sua mão um objeto físico, este apareça no monitor do computador ou em um dispositivo móvel, podendo ser manipulado virtualmente e também reconhecido para uma busca de informações na internet a seu respeito. Se o objeto físico for uma maçã, poderemos, no futuro, agregar cheiro, tato, informações sobre a fruta etc. A possibilidade de conectar objetos à internet vai impactar os sistemas educacionais (ITSs, LMSs e MOOCs) e os processos de ensino-aprendizagem. No contexto da educação profissional, no qual a manipulação e o fazer prático têm grande importância, a IoT pode vir a proporcionar interessantes experimentos e simulações.</p>
<p>Plataformas <b>LMSs (Learning Management Systems)</b> para Aprendizagem colaborativa</p>	<p>A Aprendizagem Colaborativa, entendida como uma parte da IA aplicada à Educação, contempla ferramentas que possibilitam colaboração em ambientes virtuais que permitem, por exemplo, a colaboração entre alunos para a solução de problemas.</p>
<p><b>Plataformas LMSs (Learning Management Systems)</b> para Aprendizagem colaborativa com personalização do ensino</p>	<p>LMSs tendem a ser personalizados para melhor atender a cada aluno, incluindo aqui a personalização do conteúdo educacional através de Objetos de Aprendizagem, Recursos Educacionais Abertos, Smartbooks e avaliações personalizadas que vão fornecer itinerários de aprendizagem customizados para cada aluno.</p>

Plataformas <b>LMSs (Learning Management Systems)</b> para Aprendizagem colaborativa com visão computacional	A visão computacional está ligada ao reconhecimento de imagens e pessoas. O reconhecimento de faces pode ser muito útil em sistemas de ensino virtual para certificação da identidade dos alunos. Por exemplo, durante a realização de uma avaliação virtual, em um MOOC ou LMS, o professor terá a certeza de que o aluno que está respondendo às questões é o aluno esperado.
Plataformas <b>LMSs (Learning Management Systems)</b> para Aprendizagem colaborativa com visão computacional e integrados às redes sociais	A integração das plataformas LMSs com as redes sociais vai permitir um diálogo mais informal entre alunos, professores e as instituições de ensino. Vai estimular também o compartilhamento de experiências, materiais didáticos e projetos sobre os assuntos abordados nos processos de ensino e aprendizagem.
Plataformas <b>LMSs (Learning Management Systems)</b> para Aprendizagem colaborativa com visão computacional e integrados às redes sociais e à Internet das coisas (IoT)	A IoT permite integrar elementos físicos (objetos) à internet. Em experiências educacionais, por exemplo, podemos, através do uso de uma smartbox (dispositivo que conecta sensores ao computador e capta movimentos no ambiente externo), fazer com que, quando um aluno segure em sua mão um objeto físico, este apareça no monitor do computador ou em um dispositivo móvel, podendo ser manipulado virtualmente e também reconhecido para uma busca de informações na internet a seu respeito. Se o objeto físico for uma maçã, poderemos, no futuro, agregar cheiro, tato, informações sobre a fruta etc. A possibilidade de conectar objetos à internet vai impactar os sistemas educacionais (ITSs, LMSs e MOOCs) e os processos de ensino-aprendizagem. No contexto da educação profissional, no qual a manipulação e o fazer prático têm grande importância, a IoT pode vir a proporcionar interessantes experimentos e simulações.
<b>Robótica Educacional Inteligente</b>	Relacionada ao uso de robôs inteligentes pré-programados. Já faz parte do currículo de um grupo seleto de escolas no ensino fundamental e médio.
<b>Robótica Educacional Inteligente</b> com Processamento de Língua Natural (PLN)	Os robôs são capazes de compreender a língua falada e de se expressar em diferentes idiomas com os alunos.
<b>Robótica Educacional "afetiva"</b> para análise de textos e voz, e para detectar emoções através da face do aluno	Os robôs utilizam a Visão Computacional para obter informação de imagens ou de quaisquer dados multidimensionais. Essa tecnologia permite que robôs possam captar e transmitir emoções.
<b>Serious Games</b> com a integração das tecnologias de realidade virtual e aumentada	Serious Games que utilizam a Realidade Virtual para recriar ao máximo a sensação de realidade para o aluno e a Realidade Aumentada para unir o mundo real com o virtual.

<b>Serious Games</b> que incorporam IA	Os Serious Games vão incorporar várias tecnologias de IA que vão permitir o processamento de informações sobre o modelo cognito e afetivo dos alunos.
<b>Serious Games</b> que incorporam IA vinculados aos Intelligent Tutoring Systems (ITS)	Serious Games como parte das atividades de Intelligent Tutoring Systems (ITS). Os Serious Games utilizam características típicas de jogos (como pontuações e premiações, níveis de dificuldade etc.), visando manter o interesse do aluno.
<b>Tecnologias de Computação em Nuvens</b>	A Computação em Nuvens permite acesso, sob demanda, a um conjunto compartilhado de recursos computacionais configuráveis, que podem ser rapidamente integrados com um mínimo esforço de gestão. Esses serviços já são muito úteis para a Educação. As escolas, independentemente de seu tamanho, podem utilizar essa capacidade de armazenamento e computação dos seus dados e conteúdos que podem ser acessados por professores e alunos em qualquer local.
Tecnologias de <b>Realidade Aumentada</b> para processos de ensino e aprendizagem	Realidade Aumentada é uma tecnologia utilizada para unir o mundo real com o virtual por meio da utilização de um marcador, webcam ou de um smartphone (IOS ou Android). Visa a inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrados ao usuário em tempo real. A Realidade Aumentada permite que pequenos componentes de uma figura, por exemplo, o corpo humano, sejam ampliados e visualizados em detalhe, com o simples gesto de apontar a lente da câmara fotográfica de um celular para o ponto desejado da figura. Esse tipo de experiência pode potencializar os processos de ensino e aprendizagem.
Tecnologias de <b>Realidade Virtual</b> para processos de ensino e aprendizagem	Realidade Virtual é uma tecnologia de interface humano-computador avançada. Seu objetivo é recriar ao máximo a sensação de realidade para o usuário. Para isso, a interação é realizada em tempo real, com o uso de técnicas e de equipamentos computacionais que ajudam na ampliação do sentimento de presença no usuário. A Realidade Virtual já vem sendo utilizada no ensino da Medicina, por exemplo, e também em Serious Games. Também é utilizada para simular visitas a espaços (edifícios, museus etc.). Em muitos casos, é criado um personagem virtual (avatar) que representa o usuário. Este se locomove virtualmente e interage com o meio através de seu avatar.
<b>Fones de Ouvido Wireless</b>	Permitem a comunicação de pessoas que não falam a mesma língua por meio da tradução automática em tempo real. Essa tecnologia pode ser muito útil para alunos que realizam cursos em línguas diferentes das suas.

<b>Óculos Inteligentes</b>	<p>Os Óculos Inteligentes incorporam um pequeno display que mostra informações ao usuário e interpreta comandos de voz via linguagem natural. Atualmente, possuem alguma utilização educacional vinculada com a Realidade Virtual, mas poderão ser usados para a leitura de textos em diferentes idiomas, fornecendo sua tradução automática (de forma similar aos aplicativos de smartphone);</p>
<b>Smartbooks personalizados</b>	<p>O Ensino Personalizado favorecido pelos Intelligent Tutoring Systems (ITS) será utilizado também para a geração automática de livros didáticos personalizados, os SmartBooks, que serão customizados de acordo com o conhecimento e o perfil de cada estudante. Por exemplo, de acordo com o estilo de aprendizagem de um aluno, o livro pode trazer um mesmo conteúdo de forma mais visual ou baseado em definições formais, em exemplos etc.</p>
<b>Ética computacional</b>	<p>Robôs inteligentes podem mobilizar reflexões sobre questões éticas. Além disso, em sistemas educacionais, Assistentes Pessoais de Aprendizagem (tutores inteligentes) poderão atuar com personalidades que mais se adequem a cada aluno, buscando incentivar princípios éticos.</p>
<b>Tecnologia de <i>Criatividade Computacional</i> para processos de ensino e aprendizagem</b>	<p>A Criatividade Computacional atualmente está ligada à produção artística vinculada à programação através de modelos matemáticos e da ótica (visão e reconhecimento de imagens). Nos sistemas de ensino-aprendizagem, espera-se que as aplicações da Criatividade Computacional permitam, entre outras coisas, a geração de exemplos, exercícios criativos para enriquecer os conteúdos educacionais, de forma on-line. Isso poderá acontecer por meio da integração de aplicativos, como bancos de Objetos de Aprendizagem, Recursos Educacionais Abertos, web etc. Ainda, em um futuro a logo prazo, estes sistemas poderão reconhecer atividades criativas realizadas pelos alunos.</p>
<b>Ecossistemas Educacionais</b>	<p>Os ambientes educacionais do futuro vão integrar os sistemas educacionais (ITS, LMS, MOOCS) e a robótica educacional por meio da passagem de características e informações de uns para outros e da conexão com aplicativos, banco de dados, repositórios de Objetos de Aprendizagem, sistemas de localização e sistemas de tradução simultânea (voz e imagem).</p>



**DIRETORIA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA - DIRET**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*

Diretor de Educação e Tecnologia

**SENAI/DN**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*

Diretor-Geral

**DIRETORIA ADJUNTA**

*Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira*

Diretor-Adjunto

**Unidade de Estudos e Prospectiva - UNIEPRO**

*Fabio Pires Silveira*

Gerente-Executivo de Estudos e Prospectiva

**Gerência de Estudos e Prospectiva**

*Andrea Belfort de Andrade Santos*

Gerente de Estudos e Prospectiva

*Ana Luiza Amaral*

Equipe Técnica

**DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO – DIRCOM**

*Carlos Alberto Barreiros*

Diretor de Comunicação

**Gerência Executiva de Publicidade e Propaganda – GEXPP**

*Carla Gonçalves*

Gerente-Executiva de Publicidade e Propaganda

*Walner Pessôa*

Produção Editorial

**DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS – DSC**

*Fernando Augusto Trivellato*

Diretor de Serviços Corporativos

**Área de Administração, Documentação e Informação – ADINF**

*Maurício Vasconcelos de Carvalho*

Gerente-Executivo de Administração, Documentação e Informação

*Alberto Nemoto Yamaguti*

Normalização

---

*Rosa Vicari*

Autora

*Editorar Multimídia*

Diagramação





*Iniciativa da CNI - Confederação  
Nacional da Indústria*