



Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria

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

SUMÁRIO EXECUTIVO

Brasília
2018

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

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

Paulo Mól Júnior
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

Gianna Cardoso Sagazio
Superintendente



*Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria*

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

ROSA MARIA VICARI

© 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 : SUMÁRIO EXECUTIVO / Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Serviço Social da Indústria, Rosa Maria Vicari. Brasília : SENAI, 2018
52 p.: il.

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

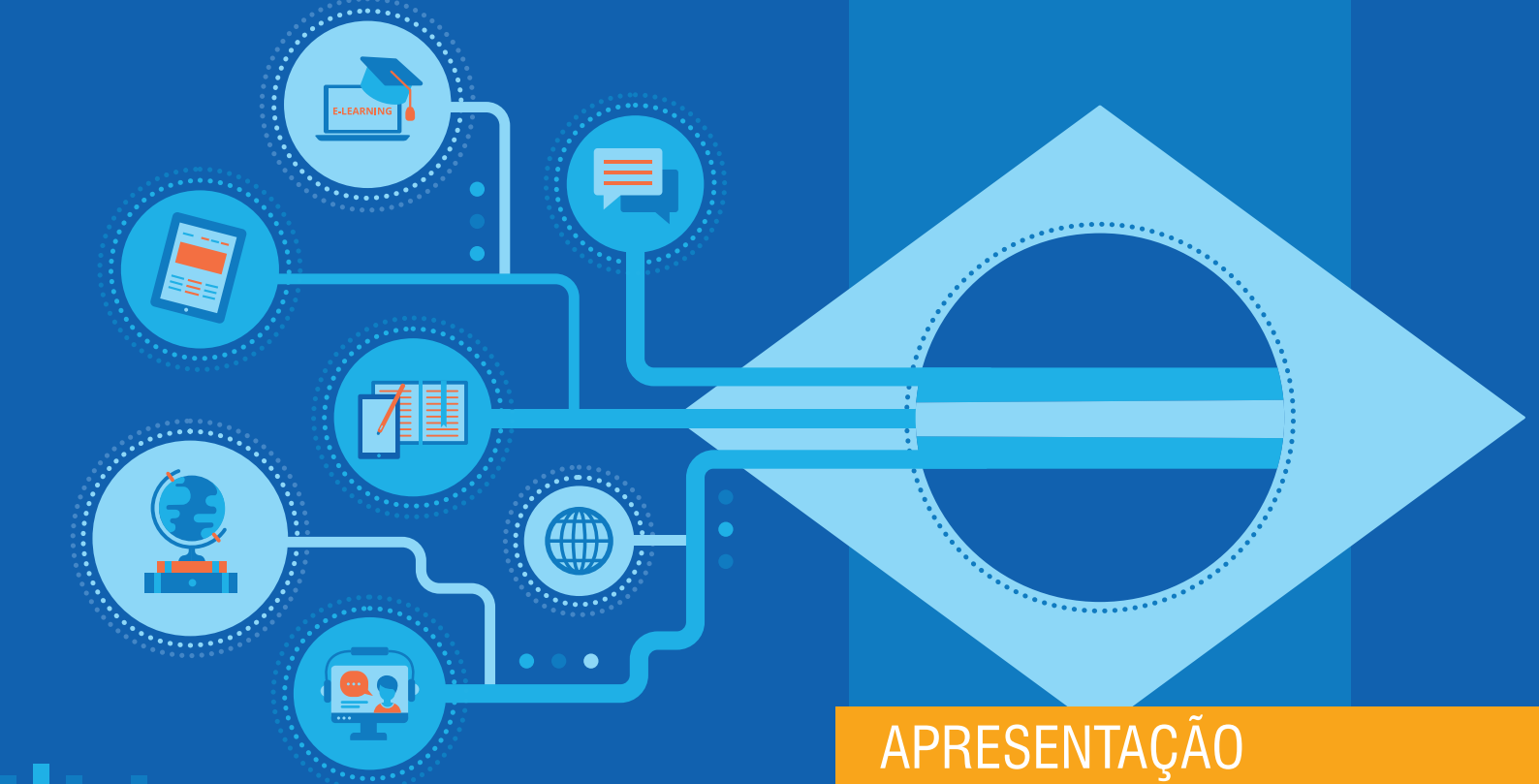
sac@cni.org.br

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS CATEGORIAS PESQUISADAS	16
FIGURA 2 – <i>ROADMAP</i> TECNOLÓGICO: PROSPECÇÃO DAS TENDÊNCIAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO ATÉ 2030	22

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
INTRODUÇÃO	11
Inteligência Artificial Aplicada à Educação	12
METODOLOGIA	13
Localização e seleção dos documentos-alvo do estudo	14
Seleção das palavras-chave	14
Breve análise e interpretação dos dados.....	17
<i>Roadmap</i> tecnológico: prospecção	20
Estágio atual: 2017	29
Curto prazo: 2017 a 2020	32
Médio prazo: 2020 a 2030	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE I.....	49
Tecnologias Identificadas para o período de 2017 a 2030	49



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.

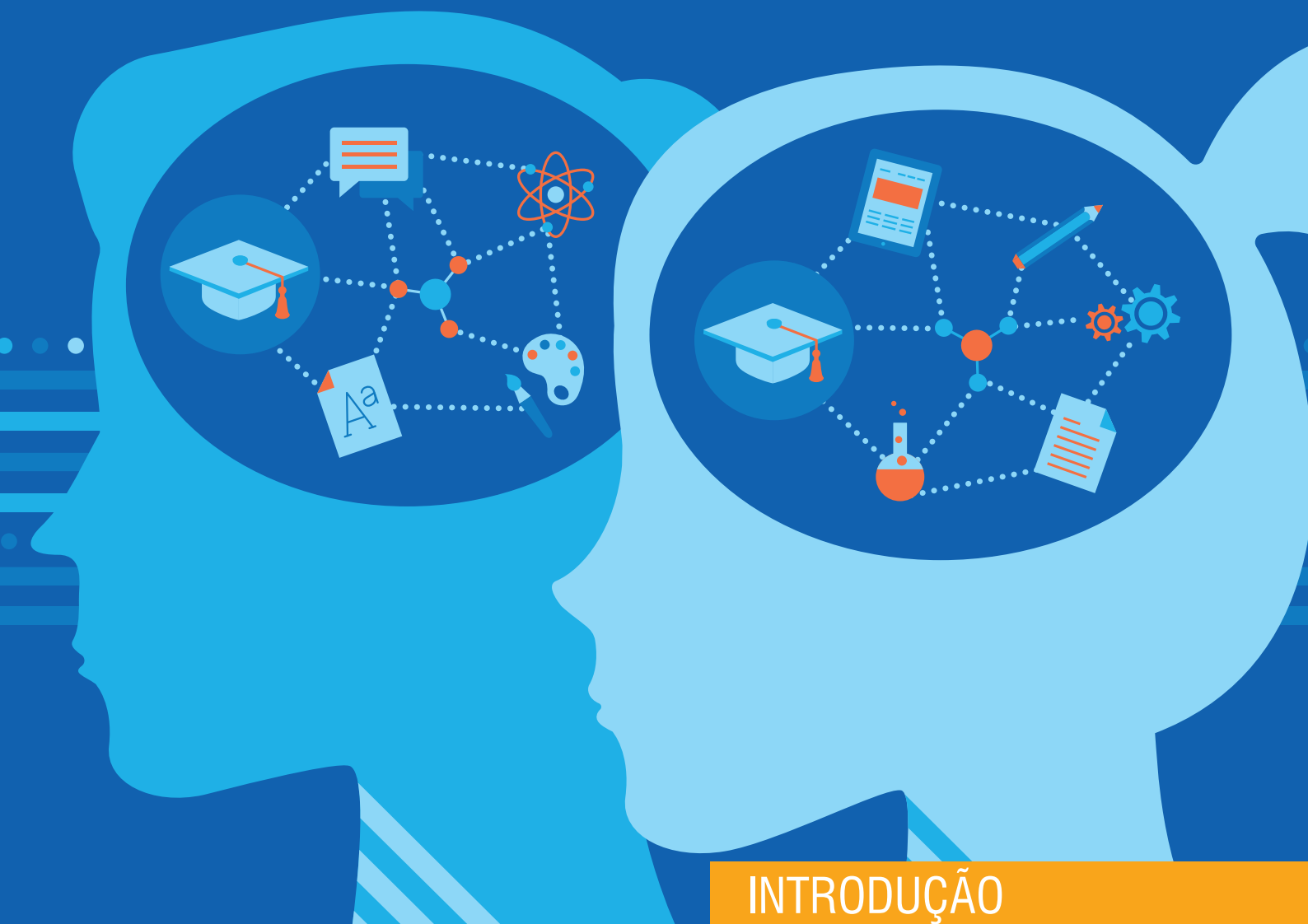
O fato é que a lógica do mundo do trabalho contemporâneo está pautada em novos pilares que desafiam a estrutura atual do nosso sistema escolar. Nessa perspectiva, a escola precisa abraçar as novas tecnologias e desenvolver metodologias que favoreçam o desenvolvimento de conhecimentos e competências que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



INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o avanço da capacidade de processamento dos computadores, a Inteligência Artificial (IA) tem sido utilizada em diversos campos. O principal objetivo da IA é 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 e Neurociências, entre outras.

O termo IA foi criado por J. McCarthy, um dos fundadores da área. Do ponto de vista simbólico, pode ser definida 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.

Inteligência Artificial Aplicada à Educação

Para definir a área de IA aplicada à Educação, é importante compreender com mais profundidade o que vem a ser IA. Apesar de haver diversos conceitos para o termo, a definição mais intuitiva e pioneira é a que a define como “a ciência de se produzir máquinas inteligentes” (McCARTHY, 2017) ou, ademais, “o estudo de como fazer computadores realizarem coisas que, atualmente, os humanos fazem melhor” (RICH; KNIGHT, 1994).

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.

Os principais sistemas educacionais que se utilizam dessas tecnologias são os Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos (STIs), os *Learning Management Systems* (LMSs), a Robótica Educacional Inteligente e os *Massive Open Online Course* (MOOCs), no que se refere a *Learning Analytics* (LA). Entretanto cada uma dessas aplicações faz uso de tecnologias da IA de formas distintas. Como esses sistemas são alvos deste trabalho, serão aqui estudados com maior detalhe.

No momento atual (2017), o uso de tecnologias na escola está vinculado, diretamente, a três diferentes realidades tecnológicas subjacentes à IA, as quais, 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. Todas elas influenciam a IA e são responsáveis pelo surgimento de novas tecnologias, como *Learning Analytics*, *Big Data*, a possibilidade do treinamento de Algoritmos de Aprendizagem de Máquina (*Machine Learning*) com grandes quantidades de dados etc. Atualmente é impossível pensar sistemas educacionais desvinculados destas tecnologias. Elas mudaram o panorama do *software* e do conteúdo educacional. Ainda, tornaram 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-SQL ou dos mecanismos da *Web Semântica*.



Para fazer previsões dos próximos 13 anos sobre a tecnologia de IA na Educação, é possível seguir dois caminhos, o da quebra de paradigmas (como já aconteceu várias vezes na história da Computação e da Tecnologia em geral) ou o do modelo de olhar para onde as áreas-foco desta pesquisa estão apon-
tando. Neste trabalho, seguiremos a segunda linha, ou seja, na primeira etapa metodológica faremos uma revisão sistemática da literatura e das bases de patentes. Os dados obtidos, nessa primeira etapa, serão utilizados na segunda etapa, que será realizada através da metodologia de *Roadmap* tecnológico, para o estudo prospectivo.

Para a revisão bibliográfica (artigos, anais de congressos, teses e dissertações) e para a busca nas bases de patentes serão utilizadas as cinco primeiras etapas, das sete recomendadas por Cochrane (2017), as quais:

- Localização e seleção dos documentos- alvo do estudo.
- Coleta de dados.
- Análise e apresentação dos dados.

- Interpretação dos dados.
- Avaliação crítica dos resultados-alvo do estudo.

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

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 (EU); 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: 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, entre outros.

Seleção das palavras-chave

Para a seleção das palavras-chave, optamos por buscar os termos mais utilizados 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*, *Artificial Intelligence and Education* e o congresso *Intelligent Tutoring Systems*.

A partir da análise qualitativa das publicações nesses veículos, definimos os termos para a busca da seguinte maneira: foram listadas todas as publicações dos três veículos nos últimos três anos e foi feita uma análise

que permitiu verificar os temas mais recorrentes e as palavras-chave mais utilizadas para classificar os artigos. As palavras-chave utilizadas pelos autores eram bem variadas, mesmo assim foi possível constatar a predominância de temas, os quais foram utilizados para a pesquisa relativa às áreas de Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), *Massive Open Online Courses* (MOOCs) e Robótica Inteligente Educacional, tanto no que se refere às bases de artigos científicos, de teses e dissertações, quanto às bases de patentes. São elas:

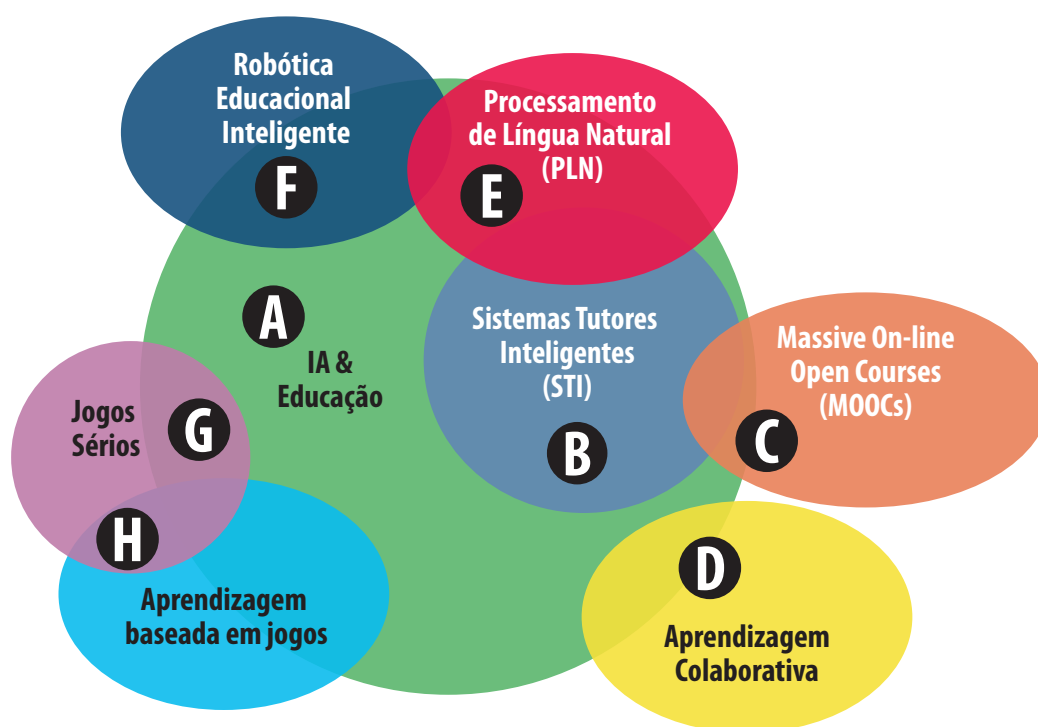
- **Education AND Artificial Intelligence:** Inteligência Artificial aplicada à Educação é uma chave interdisciplinar. O foco desta pesquisa está no uso da IA em sistemas de ensino e aprendizagem.
- **Intelligent Tutoring Systems (ITSs):** sistemas de ensino e aprendizagem inteligentes cuja principal característica é o ensino personalizado.
- **Affective Intelligent Tutor Systems (uma evolução de Intelligent Tutor Systems):** sistemas que reconhecem as emoções dos alunos ou geram emoções para o tutor interagir de forma afetiva com o aluno.
- **Education AND Natural Language Processing:** Processamento de Língua Natural (PLN) contempla a geração e compreensão automática de línguas humanas naturais. O PLN na Educação trata, basicamente, da aplicação desse processamento em interfaces educacionais que permitem a tradução simultânea.
- **Collaborative Learning:** a Aprendizagem Colaborativa é um termo da área de Educação que surge da necessidade de inserir metodologias interativas entre os alunos, ou entre alunos e professor.
- **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 Open Online Courses*, 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, encontramos dificuldade apenas com o termo *collaborative learning*, pois ele indexa tanto artigos quanto teses e dissertações de outras áreas que não a Computação, por exemplo, Educação e Psicologia. A fim de evitar a abrangência de áreas que não são foco de nossa pesquisa, realizamos consultas cruzadas para especificar as ocorrências e selecionar, para análise, apenas as que são foco deste trabalho.

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

Figura 1 – Representação gráfica das categorias pesquisadas



Fonte: elaboração própria.

De acordo com essa figura, 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 **Sistemas Tutores Inteligentes (STI)**, que, obviamente, é uma parte da pesquisa realizada em IA e Educação, mas que tratavam, especificamente e de forma detalhada, a categoria Sistemas Tutores Inteligentes. Parte dos textos sobre esta categoria faz intersecção com os pontos **C** e **E** porque alguns textos encontrados sobre Sistemas Tutoriais Inteligentes estão relacionados a **Processamento de Língua Natural (PLN)** e **Massive Open Online Courses (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 Sistemas Tutores Inteligentes. 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**.

Os procedimentos metodológicos usados com as palavras-chave para a pesquisa nas bases de artigos e dissertações foram os mesmos desenvolvidos para as bases de patentes.

Breve análise e interpretação dos dados

Do ponto de vista das patentes registradas, a base dos EUA, a USTPO, é a que apresenta dados mais significativos nas áreas-foco deste trabalho. Na base USTPO, encontramos maior regularidade nos números. Entretanto podemos afirmar que apenas duas das palavras-chave utilizadas para as buscas apresentam crescimento constante. São elas: **Education and Natural Language Processing**, 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 a **Collaborative Learning**, com 103 patentes, mas nem todas vinculadas diretamente à IA. Ou seja, vinculadas a esta palavra-chave encontramos, principalmente, **Learning Management Systems (LMSs)**, comercializados por grandes empresas e também plataformas corporativas. A outra palavra-chave que apresenta crescimento é **Game-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 *Game-based learning* não costuma utilizar IA. Os **Sistemas Tutores Inteligentes** apresentam uma diminuição no número de patentes, que tiveram 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 de patentes, com 1 registro em 2014, 6 em 2016, e, até maio de 2017, existiam 3 novas patentes. Isso se explica, pois as universidades americanas são as que mais têm investido recursos nessa área. Cabe lembrar que os registros de MOOCs que foram selecionados nesta pesquisa se referem às plataformas e aos algoritmos de *Big Data* e *Learning Analytics* e não aos conteúdos dos cursos.

Ainda, podemos constatar, no decorrer do trabalho, que o número de empresas com produtos relevantes para a presente pesquisa é muito maior que o número de patentes registradas. Talvez esse fato se justifique pela cultura, na comunidade de Computação, de não registrar patentes para *software*. Ou seja, grande parte desses produtos são registrados via *Creative Commons*, que é a forma adotada por um grande número de países para registro de *softwares*. Essa licença substitui as patentes utilizadas para *hardware*.

As demais bases de patentes pesquisadas apresentam números menores e, por esse motivo, não iremos incluir neste sumário, pois seus resultados não irão alterar a seleção das tendências utilizadas para a elaboração do *Roadmap*.

A área de **Afetividade/Emoções** (os termos são utilizados como sinônimos nos artigos e patentes) computacional vem crescendo, segundo

dados da base SCOPUS. Sua aplicação é transversal às várias outras tecnologias da IA e da Robótica. Senão veremos, dentre os 272 artigos de **Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos** e dentre os 3.859 de **Sistemas Tutores Inteligentes**, que 217 citam ou usam, minimamente, os termos Afetividade e/ou Emoções. Fazendo a Intersecção entre **Afetividade/Emoções** e **Aprendizagem Colaborativa** encontramos 97 artigos. Já em cruzamentos entre **Jogos Sérios** e **Afetividade/Emoções** encontramos 107 documentos. Finalmente, para o termo **Robótica Inteligente** e **Educação e Afetividade/Emoções**, o número diminui para 56 artigos. Mas vale a pena apontar que, se for feita a generalização para **Robótica Inteligente e Afetividade/Emoções**, o número é expressivo: 1.180 artigos.

A base de dados WOS indexa um número menor de artigos, se comparada com a SCOPUS. Para **Afetividade/Emoções**, encontramos 639 ocorrências, sendo 168 artigos sobre **Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos**. Para **Aprendizagem Colaborativa e Emoções**, encontramos 57 artigos. Para **Aprendizagem Colaborativa e Learning Management Systems**, 194. Dentre estes, se cruzarmos **Aprendizagem Colaborativa e Afetividade/Emoções**, temos 97 artigos. Para **Jogos Sérios e Emoções/Afetividade** apareceram 182. Para **Robótica Inteligente e Educação e Afetividade/Emoções**, o número de artigos cai para 9, mas, se generalizarmos para **Robótica e Afetividade/Emoções**, encontramos 483 ocorrências.

Quanto ao **PLN** e à Educação, somando ambas as bases, encontramos 696 artigos que consideram a área importante (fala, tradução e escrita) para os sistemas educacionais, em geral. Podemos 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 para o cruzamento de **Processamento de Língua Natural e Afetividade/Emoções**, temos os seguintes dados: 635 artigos, com tendência de crescimento ano a ano, 54 em 2013, 75 em 2014, 87 em 2015, 91 em 2016 e 39 até maio de 2017. Aplicações de **Processamento de Língua Natural em Sistemas Educacionais e Robótica** são outra aposta desta pesquisa. Da mesma forma que fizemos no caso da Afetividade/Emoções, apresentaremos empresas que

trabalham com Processamento de Língua Natural e com Processamento de Língua Natural e Afetividade/Emoções.

Ao olhar com maior detalhe para a base de teses e dissertações, é possível identificar que **Game-Based Learning** possui 847 ocorrências, sendo o maior número registrado neste tipo de base. Já **Serious Games** apresenta 313 ocorrências, mesmo sendo uma área tão nova quanto Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos. Para **Sistemas Tutores Inteligentes**, temos 365 ocorrências e, para **Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos**, apenas 38. **Processamento de Língua Natural e Educação** apenas 65. Tanto Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos quanto *Natural Language Processing and Education* possuem um número pequeno de teses e dissertações se comparados aos artigos e às patentes. Isso pode ser explicado pelo fato de que a maior parte destas tecnologias está nas mãos de empresas. Como nas demais bases, **Collaborative Learning** apresenta um número expressivo de 1.840 ocorrências, mas, desse total, poucos 35 tratam especificamente do tema Aprendizagem Colaborativa e IA. Neste contexto da base de teses e dissertações, os **Massive Open Online Courses** aparecem com números significativos: 197. Na nossa opinião, isso ocorreu devido ao alto investimento realizado por várias universidades americanas entre 2008 e 2016, para o desenvolvimento das plataformas e dos primeiros cursos.

Apresentados os dados das principais bases consultadas neste trabalho, passaremos para a elaboração do *Roadmap* e a apresentação das tendências tecnológicas para os períodos de 2017 a 2020 e de 2020 a 2030. Nesta segunda etapa, utilizaremos a metodologia de *Roadmap* tecnológico gerado a partir dos dados levantados na primeira etapa metodológica.

Roadmap tecnológico: prospecção

Neste estudo, foi utilizada a metodologia da construção de um *Roadmap* Tecnológico para realizar a etapa de prospecção. Ele representa uma técnica utilizada para o gerenciamento e o planejamento tecnológico, especialmente para explorar e comunicar interações dinâmicas entre recursos, objetivos organizacionais e mudanças no ambiente (BORSCHIVER et al., 2014). Os *Roadmaps* constituem ferramentas que

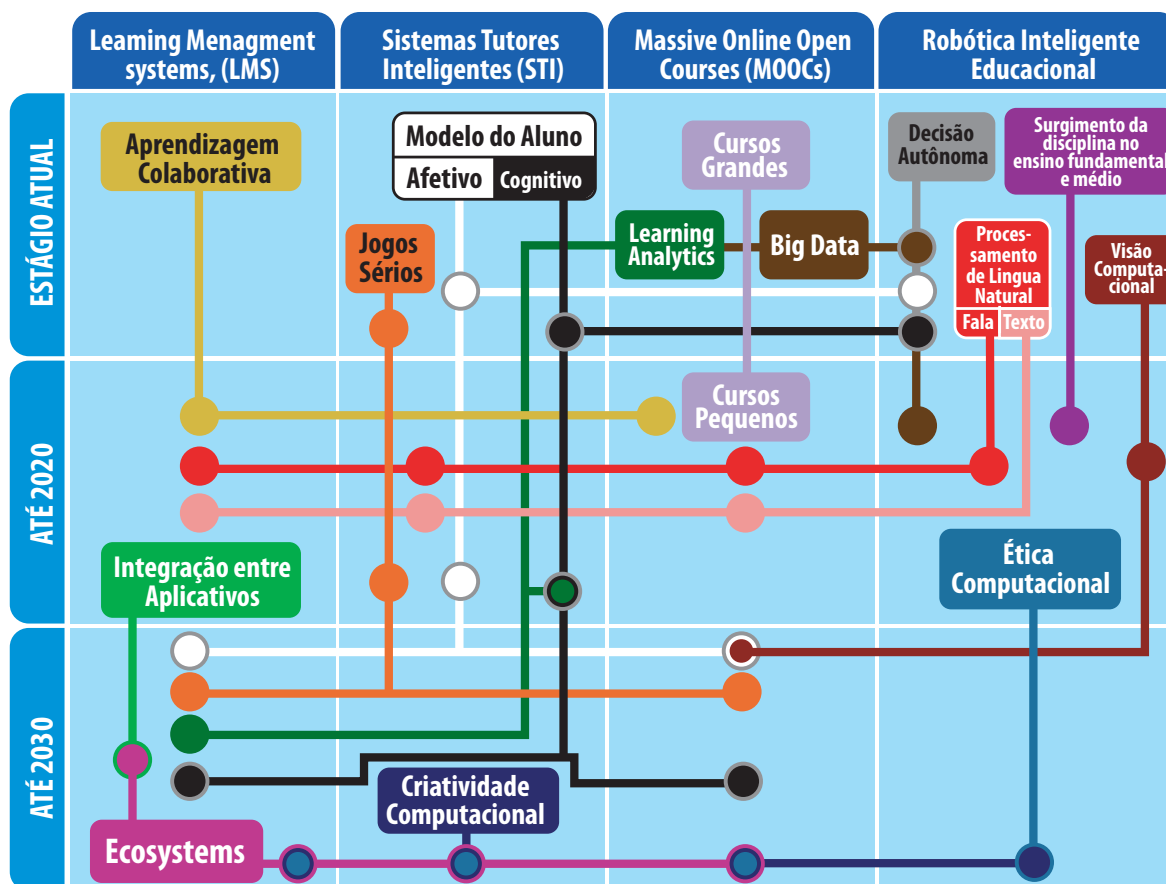
possibilitam conectar as estratégias tecnológicas com as estratégias de negócio das empresas. Assim, *Roadmaps* ajudam a focar o planejamento de uma empresa no futuro e a fornecer informações consistentes para apoiar a tomada de decisões. Neste trabalho, o *Roadmap* é o resultado das informações obtidas nas buscas nas bases de artigos/teses/dissertações e nas bases de patentes. Ou seja, a prospecção apresentada é fruto da análise da produção científica e do registro de patentes nos últimos três anos, que indicam as tendências das tecnologias baseadas em IA na Educação.

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 Processamento de Língua Natural e também de sistemas que reconhecem ou geram afetividade/emoções. Em grande parte dos artigos e produtos, essas duas tecnologias caminham juntas. Esses fatos levam à prospecção de que eles podem ser incorporados 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 2, disponível logo a seguir, 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 2 – 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, entre as tecnologias apresentadas nas colunas, o **Processamento de Língua Natural (Fala)** foi incorporado primeiro na Robótica, no estágio atual e até o ano de 2020 deve fazer parte da realidade dos *Learning Management Systems* (LMSs), dos *Sistemas Tutores Inteligentes* e dos *Massive On-line Open*

Courses (MOOCs). Por isso, o círculo vermelho surge vinculado a um retângulo que representa o PLN, e a linha vermelha se expande tanto no sentido vertical (dentro das áreas) como no sentido lateral (dentro dos períodos de tempo), indicando que essa tecnologia chegará a esses sistemas educacionais entre (2017 e 2020). Isso não significa que, após esse período, essa tecnologia será abandonada. Na verdade, os círculos representam momentos em que haverá novidades que poderão ser incorporadas pelos sistemas educacionais. O retângulo PLN está dividido em duas componentes (Fala e Texto). Da mesma forma que acontece para a componente Fala do PLN, 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, mas a compreensão da língua escrita possibilita a correção automática de textos escritos por alunos, além da geração de textos, 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, nesse período, para *Massive On-line Open Courses* (MOOCs). A Aprendizagem Colaborativa não faz parte das tecnologias de Sistemas Tutores Inteligentes, por esse motivo, não existe um círculo amarelo quando a linha cruza a área do *Roadmap* destinada aos Sistemas Tutores Inteligentes.

Quando o *Roadmap* inclui o termo “**Modelo do Aluno**”, no estágio atual, está indicando a personalização que já ocorre, atualmente, nos Sistemas Tutores Inteligentes, 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. 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 LMSs e 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.

O *Roadmap* também apresenta linhas que se sobrepõem e formam círculos com mais de uma cor. Por exemplo, a linha preta que se inicia no estágio atual, na área Sistemas Tutores Inteligentes (modelo cognitivo do aluno), segue para Robótica, sempre no estágio atual, e sobrepõe-se à linha cinza, que se inicia na Robótica (decisão autônoma) e expande-se para Sistemas Tutores Inteligentes. O significado dessas 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 Sistemas Tutores Inteligentes, que podem decidir, de forma autônoma, qual a melhor estratégia pedagógica para ser utilizada com o aluno, em cada momento. Ou seja, muitas das tecnologias representadas no *Roadmap* seguem lado a lado e sua aplicação é representada pela intersecção das linhas e círculos.

Big Data e *Learning Analytics* surgiram, no contexto educacional, vinculados aos MOOCs. Os cursos MOOCs geraram grandes quantidades de dados e, para recuperá-los e analisá-los, surgiram novas tecnologias. *Big Data* refere-se a um grande e complexo conjunto de dados armazenados, os quais os aplicativos de processamento de dados tradicionais não conseguem lidar (análise, captura, curadoria de dados, pesquisa, compartilhamento, armazenamento, transferência, visualização e informações sobre privacidade dos dados). Este termo, muitas vezes, refere-se ao uso de análise preditiva (*Data Analytics*), métodos avançados para extrair valor de dados. 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*. Ou seja, estas tecnologias que surgiram vinculadas aos MOOCs estão sendo utilizadas pela Robótica e também por

Sistemas Tutores Inteligentes e LMSs. O objetivo é buscar entender o que acontece com o comportamento dos alunos durante os cursos. Essas tecnologias permitem, por exemplo, prever pontos de um curso onde os alunos encontram maiores dificuldades ou tendências para o abandono. Como essas informações servem para os sistemas tomarem decisões ou apontar pontos para que os humanos tomem decisões em relação aos conteúdos e/ou organizações dos cursos, podemos observar que a linha do *Big Data* se sobrepõe à linha do modelo cognitivo/afetivo do aluno, pois ambos servem para a tomada de decisões, tanto para a Robótica quanto para os STI 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 cursos MOOCs, cuja tendência é mudar para “**cursos pequenos**”, mas sempre vinculada aos MOOCs, sem se expandir para outras áreas.

A seleção e a organização dessas tecnologias, no *Roadmap*, levam em consideração os dados obtidos na etapa metodológica anterior, mas também a semântica contida nos artigos, nas teses e nas dissertações ou nas patentes que foram encontradas. Por exemplo, as tecnologias inseridas na área da **Robótica Educacional** tiveram origem em artigos de Robótica Inteligente, relacionados, principalmente, com decisão autônoma e visão computacional, e em patentes que resultaram em produtos (robô NAO¹ e robôs para futebol²). A associação de Processamento de Língua Natural e Robótica surgiu, principalmente, de produtos prospectados por meio das patentes registradas sob a palavra-chave *Robotics AND Education AND “artificial intelligence”*. Os artigos, as teses e as dissertações, também, indicaram que a Robótica Educacional já faz parte atualmente do currículo do ensino médio e fundamental de algumas escolas. Essa tendência deve se ampliar a partir de 2020, chegando a

¹ 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.

² 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 performance dos robôs em um espaço realístico não padronizado.

um maior número de escolas. 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 objetos existentes em seu deslocamento. Atualmente, é usada, também, entre outras aplicações, para reconhecer 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 mesmo em um LMS, pode ser importante ter a certeza de que o aluno que está respondendo às questões é o aluno esperado. No entanto tal tecnologia é ainda muito cara para sistemas educacionais. Por esse motivo, mesmo que ela já exista, sua possível incorporação em sistemas educacionais 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 vem sendo apresentado ligado aos STIs e à Robótica (no *Roadmap* optamos por colocá-lo vinculado aos STIs no período 2020-2030, mas poderia também estar localizada 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, exercícios criativos para enriquecer os conteúdos educacionais, de forma *on-line*. Isso poderá acontecer, por exemplo, através da integração de aplicativos, como bancos de Objetos de Aprendizagem, Recursos Educacionais Abertos, *web* etc. Ainda, em um futuro a logo prazo, quem sabe, estes sistemas poderão reconhecer atividades criativas realizadas pelos alunos.

A **Ética Computacional** surgiu por volta do ano 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, foi recebida a visita de um robô japonês inteligente, estimulando uma discussão sobre as implicações éticas da IA na

Educação. A Google registrou uma patente sobre personalidades de robô, similar às “personalidades genuínas de pessoas” (patente dos Estados Unidos 8.996.429). Em sistemas educacionais, por exemplo, Assistentes Pessoais de Aprendizagem poderão possuir personalidades que mais se adequem 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 Santo Tomás de Aquino. A tendência é que a Ética Computacional 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 essas tecnologias. No momento atual, apesar de existir grande produção desse tipo de jogos, seu propósito não é prioritariamente educacional, muito embora o fosse quando do seu surgimento, como uma derivação de Jogos Educacionais. Como os Jogos Sérios utilizam tecnologias mais sofisticadas para a sua construção, como IA, Realidade Virtual e Realidade Aumentada, entre outras, o custo de seu 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, especialmente na Medicina. Atualmente, podemos encontrar Jogos Sérios como parte de atividades de STIs, pois são sistemas de IA. Espera-se que, com a diminuição do custo de sua produção, chegue também aos LMSs. No entanto sua existência no contexto educacional, no estágio 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, aponta 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 dessa migração de tecnologias típicas de sistemas educacionais, os ambientes educacionais do futuro tendem a ser mais abrangentes. Isto é, vão estar mais conectados com aplicativos, como banco de dados, repositórios de Objetos de Aprendizagem, sistemas de localização, sistemas de tradução simultânea (voz e imagem), podendo

incluir tanto *softwares* quanto *hardwares* etc. O grande fator dessa integração será a interface desses novos sistemas educacionais, a qual poderá ser 3D, vestível, ou até holográfica, a longo prazo (fora do período deste estudo).

Desse modo, no *Roadmap*, podemos visualizar como essas tecnologias são incorporadas por uma ou mais áreas-foco desta pesquisa, resultando na sua integração, total ou parcial, a 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, assim, 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. Para que surjam essas novas arquiteturas de sistemas educacionais, será necessária a integração entre aplicativos já existentes ou de novos produtos que possam ser utilizados com finalidade educacional.

O Socrative³ é uma plataforma de ensino *on-line* que já apresenta sinais da integração de componentes típicos de STIs (ensino personalizado), mas também permite que os diferentes alunos que estejam utilizando o sistema possam se comunicar por meio de fóruns ou mesmo *chats*. Também possui facilidades para que os professores incluam conteúdos educacionais semelhantes aos existentes nas plataformas de MOOCs. Fornece relatórios para os pais e/ou escola de forma semelhante ao que se encontra em LMSs. O modelo pedagógico utilizado é o socrático (condução da aprendizagem através de ligações com conceitos que o aluno demonstra conhecer e/ou ter interesse). No entanto o Socrative ainda não avança para conexão com aplicativos externos, como o Google Maps ou sistemas de tradução simultânea, correção automática de textos, comunicação por voz etc.

³ Disponível em: <<https://www.edsurge.com/product-reviews/masteryconnect>>. Acesso: 10 mar. 2017.

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

Estágio atual: 2017

Com base nas informações contidas no estágio atual do *Roadmap*, destacamos as seguintes tecnologias presentes em 2017:

- Aprendizagem colaborativa para plataformas LMSs (*Learning Management Systems*).
- Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) que oferecem ensino personalizado.
- Jogos Sérios (*Serious Games*), que incorporam IA, independentes ou vinculados aos Sistemas Tutores Inteligentes.
- 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.
- Processamento de Língua Natural, 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 Processamento de Língua Natural.

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 pode ser também uma estratégia de ensino-aprendizagem adotada, principalmente, em plataformas LMS (*Learning Management System*). No *Roadmap*, podemos verificar que a Aprendizagem Colaborativa ingressa através da

LMSs e que as tendências apontam a sua expansão para *Massive Online Open Courses* (MOOCs), a curto prazo.

Ensino Personalizado é a estratégia de ensino-aprendizagem utilizada por Sistemas Tutores Inteligentes, contraponto ao ensino colaborativo característico das plataformas LMSs. Sua implementação se dá pelas informações do modelo afetivo e cognitivo do aluno. Na bibliografia consultada neste trabalho, foram identificados, também, modelos de personalidade do aluno. Tais informações 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 aluno. No *Roadmap*, podemos observar que o ensino personalizado ingressa por Sistemas Tutores Inteligentes e que a tendência aponta para sua utilização também em LMSs e MOOCs, com o apoio dos dados do modelo do aluno, a médio prazo. Para implementar o modelo do aluno, pode ser utilizada qualquer uma 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 passou por gamificação, que é 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 e premiações, níveis de dificuldade etc. –, visando manter o interesse do aluno. Além disso, mantém um modelo de interação ao qual o aluno já se encontra acostumado, uma vez que é prática de sua geração utilizar jogos computacionais. Os Jogos Sérios aparecem no *Roadmap* 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 interferência humana. Atualmente, a decisão autônoma é amplamente utilizada na Robótica. Mas também é utilizada em STIs, embora em cada caso 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. Nos STIs, ela acontece com base nas informações constantes no modelo do aluno (cognitivas, afetivas, personalidade, desempenho etc.). As tendências observadas nos textos consultados neste trabalho apontam para maior integração entre as diferentes formas de se realizar a tomada de decisão autônoma nesses sistemas.

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 e dados comportamentais. Estes temas de pesquisa deram origem ao **Learning Analytics**, que permite realizar predições em sistemas educacionais. Por exemplo, por meio do estudo do que ocorreu no passado com um grande número de alunos durante a realização de um curso, é possível detectar pontes de dificuldade de compreensão do conteúdo ou mesmo a tendência para o abandono.

Os **Sistemas Afetivos/Emocionais** detectam ou expressam emoções e podem reconhecer estados afetivos, como alegria, tristeza, frustração, desânimo, humor etc. Esses sistemas são desenvolvidos utilizando-se de várias tecnologias da IA, como a representação do conhecimento e/ou reconhecimento de padrões. Atualmente, essa tecnologia permite que robôs possam captar e transmitir emoções (ex.: Robô NAO). A tendência na Educação é que essa tecnologia permitirá que as máquinas captem e traduzam os diferentes estados afetivos dos alunos e utilizem as informações para personalizar o seu processo de aprendizagem. Ainda, os sistemas computacionais podem gerar emoções para a comunicação com os estudantes. **Sistemas Tutoriais Inteligentes Afetivos** já utilizam esta tecnologia, embora ainda em estágio experimental.

Atualmente, os **Massive Online Open Courses (MOOCs)** oferecem cursos grandes e a tendência é que, a curto prazo, eles diminuam o conteúdo através do oferecimento de cursos divididos em módulos menores, autocontidos e com a possibilidade de serem integrados a aulas presenciais tradicionais. Ou seja, parte do curso poderá 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 utiliza a

IA. Além disso, faz parte apenas de um grupo seleto de escolas no ensino 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, a visão computacional está associada apenas à Robótica.

Processamento de Língua Natural é um dos temas que surgiu com a IA e, embora tenha ficado latente durante vários anos, ressurgiu com força nos últimos anos graças a dois fatores: o poder computacional das máquinas atuais, e dos produtos e serviços de empresas. O Processamento de Língua Natural trata da compreensão da língua escrita e falada, da tradução e da geração da língua (falada e escrita). Para isso, são utilizadas várias tecnologias da IA e da Estatística. Essa tecnologia já está começando a ser usada 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 tendência de alta. Por fim, a médio prazo, temos a entrada das tecnologias que já existem em termos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), mas que ainda não foram incorporadas na área educacional. Entretanto essas tecnologias representam potencial para os sistemas educacionais, como a visão computacional.

Curto prazo: 2017 a 2020

Para a prospecção referente ao período de 2017 a 2020, vamos destacar as tendências apontadas no *Roadmap* que poderão ser aplicadas a sistemas educacionais a curto prazo. Para aprofundarmos a compreensão sobre essas tecnologias, analisamos documentos dos *Anais* da Conferência *Intelligent Tutor Systems* e artigos das revistas *Computer and Education* e *Artificial Intelligence and Education*. Estes veículos de publicação científica

fazem parte dos indexados nas bases pesquisadas e têm sua origem, predominantemente, em teses e dissertações. Esses dados especializados corroboram as tecnologias apontadas pelo *Roadmap*, principalmente a curto prazo.

As prospecções de curto prazo também se justificam pelo grande número de países que as pesquisam, como EUA, China, Reino Unido, Espanha, Canadá, Índia, Austrália, entre outros.

Com base nos levantamentos realizados nas bases de dados, é possível concluir que apenas as áreas de Jogos Educacionais/Jogos Sérios e Sistemas Tutores Inteligentes mantêm uma regularidade numérica em todas as bases pesquisadas. Processamento de Língua Natural e Educação não mantêm a regularidade quando se trata de teses e dissertações. Sistemas Tutores Inteligentes Afetivos vêm surgindo com lentidão no que se refere a patentes e teses e dissertações, porém com mais significado em termos de artigos científicos. Entretanto Afetividade/Emoções apresenta um desenvolvimento mais regular com aplicações em, por exemplo, visão computacional e Processamento de Língua Natural, além dos Sistemas Tutores Inteligentes. *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.

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

- **Processamento de Língua Natural (PLN) aplicada à Educação** para tradução simultânea de voz (em tempo real) e para textos. No *Roadmap*, optamos por colocar o Processamento de Língua Natural ingressando pela Robótica, mas pode ser vinculado também aos Sistemas Tutores Inteligentes (os artigos são confusos neste sentido), de forma a se expandir para as demais tecnologias a 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, os quais a ouvirão ao vivo em português graças à tradução automática favorecida pelo PLN. Essa utilização já começa a aparecer de forma informal, mas deve se consolidar através de novos aplicativos no decorrer de curto e médio prazos.

- **Afetividade/Emoções** no *Roadmap* ingressa por Sistemas Tutores Inteligentes, e a tendência aponta para seu uso também nas plataformas LMSs, MOOCs e 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 no ensino fundamental e médio, em função da diminuição dos custos desse tipo de tecnologia.
- O **Ensino Personalizado** favorecido pelos Sistemas Tutores Inteligentes, 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 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.
- **Learning Analytics** refere-se à 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. Essa tecnologia surgiu nos MOOCs (já está presente em 2017) e vem se expandindo para as demais áreas de forma que, a curto prazo, suas aplicações estarão presentes também em Sistemas Tutores Inteligentes e em plataformas LMSs (2020). A tendência é crescente de acordo com os artigos, ou seja, deve continuar produzindo novidades também a 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 plataforma e atividades práticas nos laboratórios, por exemplo.

- Uso de **Redes Sociais** nas plataformas LMSs.
- **Visão Computacional** no contexto educacional começou na Robótica e a tendência é que, a curto prazo, ela migre para os Sistemas Tutores Inteligentes, 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 a curto prazo.

A **IoT** trata-se de um protocolo de comunicação que visa 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 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: 54 em 2014, 83 em 2015, 132 em 2016 e 47 (em maio de 2017).

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 esse modelo 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. Esses 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. Estes podem ser acessados por professores e alunos de qualquer local.

Em relação ao WI-FI, existe uma iniciativa privada para o lançamento de 4 mil satélites pequenos para a órbita terrestre. Eles 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 no ensino da Medicina, por exemplo, e também em Jogos Sérios. Os equipamentos estão diminuindo seu custo e o uso vem se tornando mais confortável. 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.

Realidade Aumentada é uma tecnologia utilizada para unir o mundo real com o virtual, através da utilização de um marcador, *webcam* ou de um *smartphone* (IOS ou Android). Visa, assim, 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.

Médio prazo: 2020 a 2030

Para os anos de 2020 a 2030, foi realizada uma prospecção a partir das hipóteses de cientistas da área e da visão própria da autora sobre o tema. Cabe lembrar que, quando se fala de tecnologia, sempre existe um

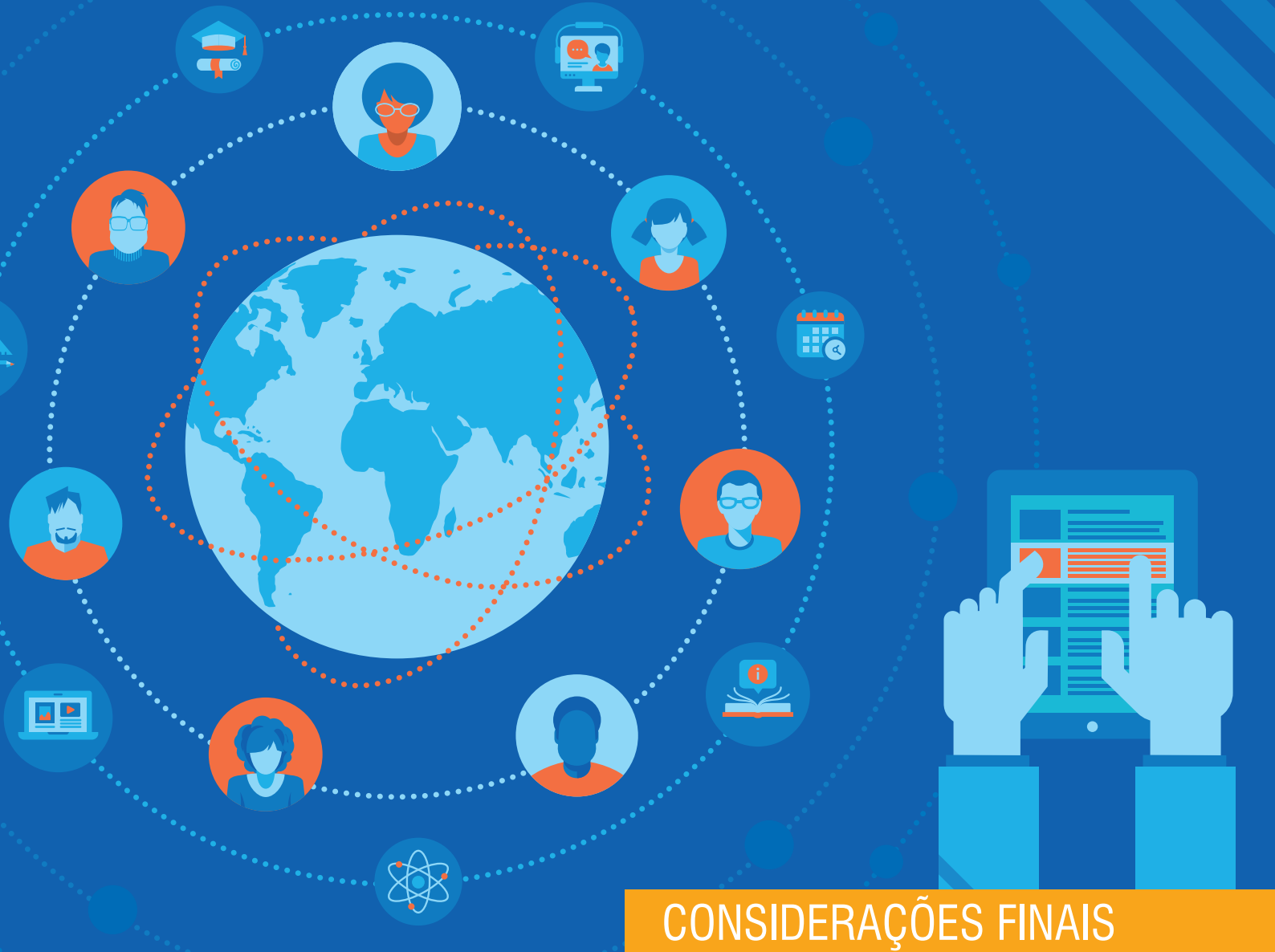
período de transição, ou seja, na maioria dos casos, as tecnologias vão sendo introduzidas e se estabelecendo em um tempo mais longo.

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 ligada 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 **Processamento de Língua Natural**, com a tradução simultânea de voz e texto, provavelmente integrada com óculos e fones;
- utilização de **Óculos Inteligentes**, que incorporam um pequeno *display* que mostra informações ao usuário e interpreta comandos de voz via linguagem natural. No mercado, encontramos vários modelos e fabricantes. Atualmente, possuem alguma utilização educacional vinculada com a Realidade Virtual, mas poderão ser de grande serventia para a leitura de textos em diferentes idiomas, fornecendo sua tradução automática (de forma similar aos aplicativos de *smartphone*);
- utilização de **Fones de Ouvido Wireless** com o intuito de permitir a comunicação de pessoas que não falam a mesma língua. Os 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 alunos estiverem, por exemplo, escutando 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, estamos incluindo a 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). No 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, para várias áreas da Educação.
- **Ética Computacional** surgiu por volta do ano 2004 e vem se desenvolvendo lentamente, principalmente ligada à Robótica. A tendência é a de que a Ética Computacional seja aplicada a todos os sistemas de IA.
- **Ecosistemas Educacionais** são compostos pela integração de vários aplicativos ou componentes nos quais a utilização de tecnologias complementa a educação formal ou informal. Estes sistemas algoritmos de IA e de *Learning Analytics*, em particular, buscam 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. As informações são utilizadas para fornecer avisos e sugestões que possam melhorar o desempenho da aprendizagem e apoiar as escolhas de atividades pedagógicas. Essas ideias juntas formam a proposta dos *ecosystems* da Educação Digital.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IA na Educação completou 25 anos de existência em 2016. É importante salientar que, neste íterim, ocorreram avanços no sentido de se passar da teoria para a prática nas escolas. Como se trata de uma área multi e interdisciplinar, seu desenvolvimento depende dos avanços também em outras áreas. Atualmente, na Educação, o ensino colaborativo é o destaque e este fato se reflete no *software* educacional. Entretanto uma nova geração de *softwares* de IA e Educação nos leva rumo à aprendizagem ativa (*active learning*) e suas implementações, como acontece na proposta “sala de aula invertida” e nos “*Fab labs*”. Essa mudança de paradigma congrega tecnologia e metodologias de ensino-aprendizagem.

Se considerarmos os números gerais da pesquisa em artigos em IA e Educação – ou seja, não apenas as tecnologias-foco deste trabalho, como o desenvolvimento de métodos educacionais, a representação de conhecimento para aplicações educacionais etc.–, temos a seguinte distribuição: em 1º os EUA com Scopus (28%) e WOS (17%); em 2º a China com Scopus (10%) e WOS (8%); em 3º a Espanha com Scopus (7%) e WOS (8%); e em 4º o Reino Unido com Scopus (6%) e WOS (7%). Canadá e Japão aparecem em 5º lugar com 5% e o Brasil em 6º com 3% da pesquisa em ambas as bases. Cabe lembrar que, se voltarmos para as áreas-foco do trabalho, o Brasil e o México são os

países da América Latina com destaque em termos de produção científica, sendo que o Brasil possui mais *startups* na área. Porém, entre as dez maiores *startups* brasileiras da área educacional, nenhuma atua com IA⁴.

No caso particular da IA, podemos concluir que a Ciência da Computação está sendo alavancada para criar máquinas que se assemelhem cada vez mais aos humanos em suas funções. Assim, a IA 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, e suas patentes e contribuições científicas foram amplamente discutidas no presente 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 Sistemas Tutores Inteligentes que incorporam, em seu desenvolvimento, algumas das tecnologias apontadas aqui. Por exemplo, na escola de Frederiksværk, 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 tarefa⁵. 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** com vista a oferecer aulas personalizadas aos alunos⁶. Os tutores são similares ao Mathia e Thikster (ensino de Matemática) e Alelo (ensino de Línguas), utilizados nos **EUA** e, também, nos demais países de língua inglesa. Assim, esses *software* exemplificam as tendências para o ensino personalizado.

Recentemente, o governo **canadense** lançou um programa ambicioso a fim de tornar o país líder mundial na área de pesquisa e desenvolvimento de sistemas que utilizam IA. Para isso, investiu **US\$127 milhões em um instituto público-privado chamado The Vector Institute⁷**. Como tecnologias da IA que irão alavancar a mudança pretendida, o Canadá

As escolas de várias nações estão utilizando Sistemas Tutores Inteligentes que incorporam, em seu desenvolvimento, algumas das tecnologias apontadas aqui.

4 Disponível em: <<http://private.openstartups.net/ranking>>. Acesso em: 10 maio 2017.

5 Disponível em: <go.nmc.org/fred>. Acesso em: 10 maio 2017.

6 Disponível em: <go.nmc.org/mralbert>. Acesso em: 10 maio 2017.

7 Disponível em: <<http://vectorinstitute.ai>>. Acesso em: 10 maio 2017.

aponta várias delas que também fazem parte deste estudo. Dentre elas, o aprendizado 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 que permitem que os seres humanos interajam com máquinas de forma semelhante a seus pares. 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. Esta é uma tecnologia utilizada na área de Afetividade Computacional e Processamento da Língua Natural. À medida que essas tecnologias continuam a se desenvolver, a IA aplicada à Educação tem 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 no uso de tecnologia na Educação de forma geral. Em um relatório de 2012⁸, o governo sul-coreano apresentou uma revisão de sua política concernente ao tema. A Coreia vinha utilizando, até então, prioritariamente, jogos educacionais para o ensino básico e fundamental. No referido relatório, o ministério da Educação deste país 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 à internet. O relatório também indica a decisão do governo 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 documento 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

À medida que essas tecnologias continuam a se desenvolver, a IA aplicada à Educação tem o potencial de melhorar o ensino *on-line* por meio dos *softwares* de aprendizagem adaptativa (personalização do ensino).

⁸ Disponível em: <http://genproedu.com/paper/2013-01/full_003-009.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

educacionais de cada país, dentre outros. No Brasil, por exemplo, repatórios de conteúdos educacionais já são utilizados, em larga escala, há muito tempo.

Em 2017, o Instituto Horizon, em um relatório de abrangência geral, apontou as seguintes tecnologias como 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, IA (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, a 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 relatório, Tecnologias Vestíveis serão ainda temas de pesquisa a 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, tanto em LMSs como 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 *Learning Management Systems* são uma área estabelecida em termos de pesquisa e desenvolvimento. Quanto aos *Massive Online Open Courses*, 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, tais 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

Tecnologias Vestíveis serão ainda temas de pesquisa a curto e médio prazos, bem como a Criatividade Computacional e a Abordagem Ética para os sistemas de IA.

Massive Online Open Courses. 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 em diferentes áreas do conhecimento, 1.710.341 alunos de várias partes do mundo iniciaram esses cursos. Destes, apenas 9% obtiveram seus certificados⁹.

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

- Do uso generalizado dos produtos do Processamento de Língua Natural (tradução, reconhecimento, geração da fala e da escrita), tanto em sistemas educacionais (*Massive Open Online Courses*, *Learning Management Systems* e Sistemas Tutores Inteligentes), quanto na Robótica.
- Da integração das tecnologias da Afetividade/Emoções, tanto nos sistemas educacionais quanto no Processamento da Língua Natural 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*.

⁹ Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2586847>. Acesso em: 10 maio 2017.

Sem dúvida, a maior mudança se dará em termos das interfaces dos 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 na área de Processamento de Língua Natural e Afetividade, dentre elas: Kairos, nViso, Affectiva, 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, a curto e médio prazos.

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 (TIC). 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.

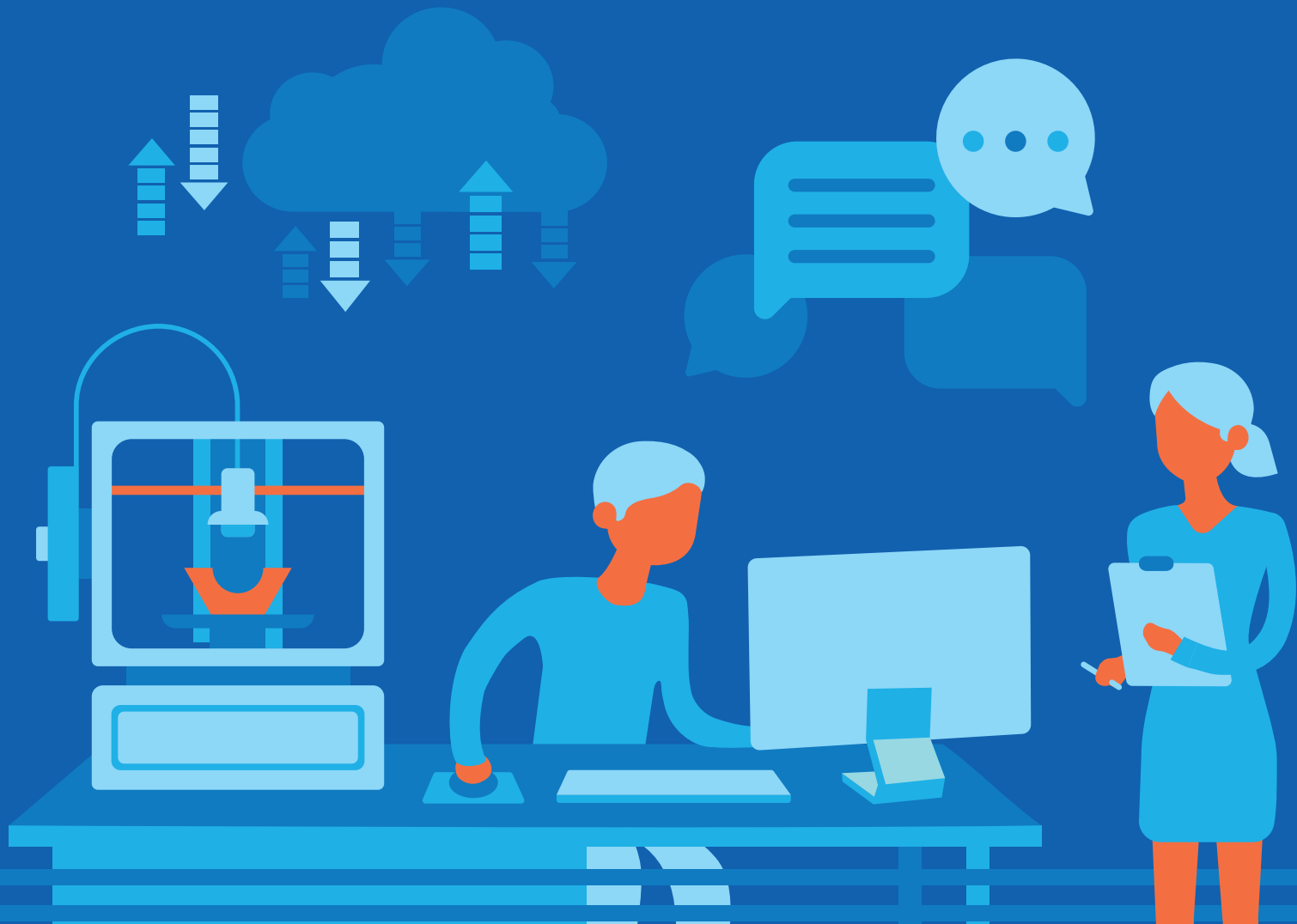
Por outro lado, o Fórum Econômico Mundial (WEF – *World Economic Forum*) acredita que estamos no meio de uma “Quarta Revolução Industrial”, com economias transformadoras baseadas na Robótica e na IA, em todo o mundo. O WEF estima que 5 milhões de empregos deixarão de existir até 2020, pois serão substituídos por robôs ou a IA apresentará uma aplicação inovadora. A pesquisa do Citi¹⁰ e da Universidade de Oxford, no início deste ano, estimou que 57% dos empregos na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) estão em risco de automação¹¹.

¹⁰ Disponível em: <<http://www.citigroup.com/citi/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

¹¹ Disponível em: <<http://uk.businessinsider.com/bank-of-england-mark-carney-technology-jobs-market-fourth-industrial-revolution-2016-12>>. Acesso em: 10 maio 2017.

Para além da IA, a tecnologia que irá impactar fortemente os sistemas educacionais é a IoT, 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 ser laboratórios de experimentos, por exemplo 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, vale destacar qual é a fatia da IA na Educação, considerando as bases de artigos, teses e dissertações consultadas. Somando-se os resultados das buscas nas bases Scopus e WOS para artigos relacionados com o termo genérico Inteligência Artificial, nos últimos três anos, temos um total de 80.454 textos indexados. Deste montante, a IA aplicada à Educação corresponde a 21.083, cerca de um quarto 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 com o 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.



REFERÊNCIAS

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

BUREAU OF LABOR STATISTICS. **Computer and information technology occupations**. Disponível em: <<https://www.bls.gov/ooh/computer-and-information-technology/home.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

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

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

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

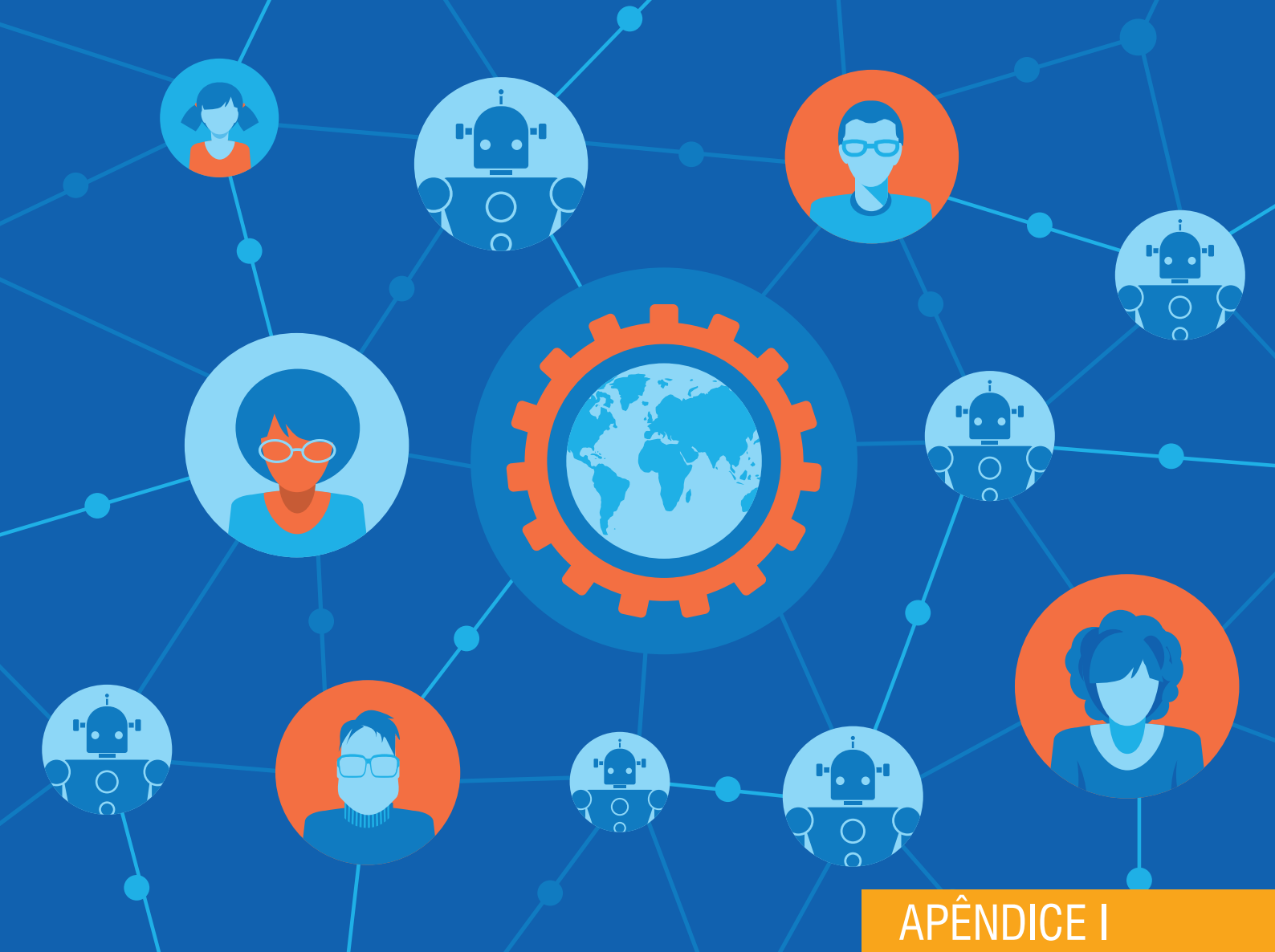
McCARTHY, J. **What is artificial intelligence**. 2007. Disponível em: <<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

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.

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



APÊNDICE I

Tecnologias Identificadas para o período de 2017 a 2030

Nome da Tecnologia	Descrição das Tecnologias
Learning Analytics 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	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.
Intelligent Tutoring Systems (ITS) para ensino personalizado	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.

Nome da Tecnologia	Descrição das Tecnologias
Intelligent Tutoring Systems (ITS) para ensino personalizado com Processamento de Língua Natural (PLN)	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.
Intelligent Tutoring Systems (ITS) para ensino personalizado com Processamento de Língua Natural (PLN) e integrado 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.
Affective Intelligent Tutor Systems	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 captem 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.
Massive Open Online Courses (MOOCs) para cursos pequenos	Tradicionalmente os Massive Open Online 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.
Massive Open Online Courses (MOOCs) com personalização do ensino	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.
Massive Open Online Courses (MOOCs) com Processamento de Língua Natural (PLN)	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.
Massive Open Online Courses (MOOCs) que integrem 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 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.

Nome da Tecnologia	Descrição das Tecnologias
Massive Open Online Courses (MOOCs) que integrem visão computacional e 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.
Plataformas LMSs (Learning Management Systems) para Aprendizagem colaborativa	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.
Plataformas LMSs (Learning Management Systems) para Aprendizagem colaborativa com personalização do ensino	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.
Plataformas LMSs (Learning Management Systems) 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 LMSs (Learning Management Systems) 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 LMSs (Learning Management Systems) 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.

Nome da Tecnologia	Descrição das Tecnologias
Robótica Educacional Inteligente	Relacionada ao uso de robôs inteligentes pré-programados. Já faz parte do currículo de um grupo seleto de escolas no ensino fundamental e médio.
Robótica Educacional Inteligente 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.
Robótica Educacional "afetiva" 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.
Serious Games 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.
Serious Games que incorporam IA	Os Serious Games vão incorporar várias tecnologias de IA que vão permitir o processamento de informações sobre o modelo cognitivo e afetivo dos alunos.
Serious Games 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.
Tecnologias de Computação em Nuvens	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 Realidade Aumentada 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 Realidade Virtual 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.

Nome da Tecnologia	Descrição das Tecnologias
Fones de Ouvido <i>Wireless</i>	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.
Óculos Inteligentes	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);
Smartbooks personalizados	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.
Ética computacional	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.
Tecnologia de <i>Criatividade Computacional</i> para processos de ensino e aprendizagem	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.
Ecossistemas Educacionais	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).

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 Pêssoa

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 Maria Vicari

Autora

Danúzia Queiroz

Revisora gramatical e ortográfica

Editorar Multimídia

Editoração



*Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria*