AVALIAÇÃO AUTOMÁTICA DE ATIVIDADES ESCRITAS BASEADA EM ALGORITMO GENÉTICO E PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL: Avaliador Ortográfico-Gramatical

**Jário José dos Santos Júnior, Ranilson Oscar Araújo Paiva, Ig Ibert Bittencourt
Santana Pinto**

Instituto de Computação –Universidade Federal de Alagoas (UFAL) Av. Lourival Melo
Mota, s/n -Tabuleiro do Martins - CEP: 57072-970, Maceió - AL, Brasil

{jjjsj,ig.ibert}@ic.ufal.br, ranilsonpaiva@ranilsonpaiva.com

Abstract. *The use of information and communication technologies - ICT is increasingly standing out in Education. With the use of automatic correction technics performed by computers, there is a bigger fluidity of activities and a relevant decrease of work for the teachers, leaving them free to create and evaluate others activities. This monograph presents a Grammatical-Orthographic Analyzer for automatic evaluation of written Activities using Genetic Algorithms and Natural Language Processing - NLP, for automate the lexicon and spelling correction of written activities.*

Resumo. *A utilização de tecnologias da informação e comunicação - TIC está se destacando cada vez mais na Educação. Com a utilização de técnicas de correção automática realizadas por máquinas, têm-se uma fluidez maior de atividades e diminuição relevante na sobrecarga de trabalho do professor, deixando-o livre para o desenvolvimento e avaliação de outras atividades. Este trabalho apresenta um Analisador Ortográfico-Gramatical para avaliação automática de Atividades escritas utilizando Algoritmos Genéticos e Processamento de Linguagem Natural - PLN, para automatizar a correção léxico-ortográfica de atividades escritas.*

1. Introdução

Com o desenvolvimento da tecnologia, é cada vez mais comum o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC na educação, ajudando assim no ensino-aprendizagem, segundo Almeida (2003). Vários países vêm adaptando suas abordagens educacionais promovendo assim, cursos em diversas modalidades, sejam presenciais ou à distância. O Ensino Tradicional Professor-Aluno deixa de ser apenas uma modalidade presencial de ensino, adquirindo características da modalidade de ensino à Distância, e passa a ser uma modalidade de ensino onde o aluno é um dos principais responsáveis por seu aprendizado, como aponta da Silva (2004).

Com um novo olhar voltado para a educação, a modalidade de Ensino à distância – EAD vem se tornando cada vez presente e ativa em ambientes presenciais de ensino-aprendizagem, segundo Moran (2008). Assim, o uso de ambientes EAD é de

fundamental importância para manter o contato professor-aluno fora da instituição física.

No Ano de 2012, a Associação Brasileira de Educação à Distância – ABED, divulgou que o número de usuários que se matriculavam em ambientes EAD era de 5,8 milhões no Brasil, segundo o Censo EAD BR. Em 2014 a ABED apontou que este número subiu 52,5%. Atualmente, essa modalidade de ensino pode ser realizada através de diferentes tipos de sistemas, como por exemplo: Sistemas Tutores Inteligentes – STI, segundo Sleeman e Brown (1982), Ambientes Virtuais de Aprendizagem – AVA, por Ambientes de Aprendizagem Colaborativa Suportada por Computador – ACSC, como aponta Jochen et al. (2014) e os Cursos Online Abertos e Massivos (Massive Open Online Course – MOOC), segundo Jochen et al. (2014). Com isso, pode ser notado que com o passar do tempo, o ensino tradicional, Professor-Aluno, ganha novos rumos e estratégias de ensino.

Em 2014, o ENEM – Exame Nacional de Ensino Médio, avaliação escrita realizada nacionalmente pelo Ministério da Educação – MEC utilizado para o ingresso de estudantes em redes de ensino superior, teve uma queda no desempenho dos estudantes de 9,7%, sendo que aproximadamente 8,5%, cerca de 530.000 estudantes obtiveram nota zero na redação dos 6.193.565 alunos que realizaram a avaliação.

Diante do cenário de milhões de usuários, tem-se uma grande quantidade de dados disponíveis, principalmente ligados ao contexto de avaliações escritas, deixando o professor sobrecarregado para avaliar esses dados individualmente e ao aluno, fica a responsabilidade de aprender de forma autônoma, segundo da Silva (2004), com isso há uma necessidade de personalização da aprendizagem que auxilie o aluno, como aponta Moran et al (2006), não somente avaliando e dando a resposta correta, mas sim, identificando o erro e fornecendo sugestão de correção e melhoria.

Com o crescente número de usuários em sistemas de ensino à distância, como demonstram os dados do Censo EAD BR2, as avaliações escritas nesses ambientes geram incrementalmente mais sobrecarga para o professor. Por esse motivo, é fundamental o uso de TIC com capacidade de processar estes dados de forma a atender as necessidades individuais de cada aluno, ligadas às dúvidas que os usuários podem ter quanto ao exercício que está sendo realizado. Dado este problema, o presente trabalho propõe o uso de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) em ambientes de aprendizagem à distância para a automação da análise ortográfica e gramatical das atividades escritas.

O principal objetivo deste trabalho é construir um Sistema Ortográfico e Gramatical que possa ser incorporado em ambientes de aprendizagem online de forma que amenize o trabalho do professor ou tutor responsável por corrigir as atividades escritas propostas através do ambiente de aprendizagem à distância. A aplicação visa seguir as competências do ENEM ligadas ao fator léxico ortográfico e gramatical, no que se refere a demonstrar domínio da modalidade escrita formal da Língua Portuguesa, tratando e verificando palavras escritas de forma incorreta até sentenças com problemas relacionados desde o uso da crase até as concordâncias.

O trabalho visa contribuir a avaliação de textos escritos no contexto de ambientes de aprendizagem a distância, fazendo uso de corretores gramaticais e

ortográficos, desde aspectos ligados às estruturas das palavras, uso de dicionários, até fatores que influenciam o contexto da estrutura da frase.

2. Proposta

Percebe-se, dessa forma, a demanda por soluções tecnológicas voltadas para a educação à distância, que possuam a capacidade de processar esses dados, de forma a atender as necessidades individuais dos alunos. Porém, no contexto de avaliações escritas aplicadas nestes ambientes educacionais, a tarefa de personalização da aprendizagem pode gerar uma sobrecarga no professor.

O sistema que propomos tem como objetivo retirar essa sobrecarga do professor, avaliando atividades escritas, destacando os erros e oferecendo, aos próprios alunos, sugestões de correção ortográfica e/ou sintática, os auxiliando no processo de aprendizagem, sendo o aluno o principal autor, ou melhor, responsável pela integridade do texto, recebendo um auxílio rápido às dúvidas ortográficas e sintáticas, e é constituído por dois módulos; um de correção ortográfica, e outro de correção gramatical, diferenciando-o dos demais sistemas encontrados para essa finalidade.

2.1. Módulo Gramatical

O Módulo Gramatical é o componente responsável por realizar todo o tratamento de verificação gramatical do texto, efetuando as devidas sugestões gramaticais para a solução de um erro detectado. É neste módulo que erros relacionados à concordância nominal e verbal, uso de crase, entre outros, são avaliados; ou seja, este módulo é responsável por avaliar sintaticamente o texto submetido pelo aluno.

No Módulo Gramatical, encontra-se o dicionário JSpell, que atua como dicionário principal do sistema.

Utilizando sistemas com código aberto, como o CoGrOO, segundo Colen (2013), o módulo gramatical foi gerado, adaptado e organizado em uma nova arquitetura que pudesse ser acoplado o módulo ortográfico.

O módulo gramatical reconhece erros em concordância verbal, concordância nominal, o uso de crase e colocação pronominal, entre outros. Os erros são identificados e mapeados em TAG (etiquetas) contendo informações relacionadas às palavras, tais como: questão de gênero, número, classe gramatical, através de Tokens. Esses Tokens são identificados pelo analisador sintático gramatical. E podem ser:

- vtd - Verbo transitivo direto;
- a - indicando que o nome é feminino.

O analisador gramatical utiliza técnicas de PLN, como POSTagging, e recebe a redação e logo em seguida executa a correção. Todas as regras gramaticais foram mapeadas em XML.

A avaliação gramatical, apenas, não era suficiente para tratar alguns tipos de erros que influenciavam na correção gramatical.

2.2. Módulo Ortográfico

O Módulo Ortográfico é responsável por realizar todo o tratamento de verificação ortográfica das palavras, sugerindo correções quando um erro é detectado

O módulo de correção ortográfica foi criado com o intuito de realizar a correção léxica das palavras, ou seja, encontrar palavras escritas de forma errada e sugerir palavras para a substituição desta. O objetivo é impedir que palavras grafadas incorretamente impossibilitem, ou interfiram, no processo de correção sintática (feita pelo módulo gramatical).

No módulo ortográfico, encontra-se o dicionário Auxiliar. Este dicionário é responsável por realizar a correção ortográfica das palavras que não estão presentes no JSpell. Nele, ao contrário do JSpell, é possível adicionar novas palavras, corretas, que foram identificadas no texto. O Motivo da criação de um dicionário secundário foram as dificuldades encontradas no momento da inserção de novas palavras e ao acesso, por parte do módulo ortográfico. Com o principal objetivo de marcar as palavras como corretas ou não, o dicionário auxiliar necessita ainda de uma base maior de dados, para melhor classificação, pois, quando encontra-se uma palavra correta, que não está presente na base de dados, o mesmo marca a palavra como um erro.

O módulo ortográfico utiliza técnicas de PLN, como o algoritmo levenshtein distance, para otimizar as sugestões de correção feitas pelo Algoritmo Genético.

3. Funcionamento

Inicialmente, uma questão dissertativa (texto) é submetida pelo aluno. A questão é, então, analisada pelo módulo gramatical que realiza uma classificação das palavras em suas respectivas classes gramaticais, todas contidas em uma lista. Toda a classificação acontece com o uso do dicionário principal JSpell. Para as palavras que não forem encontradas uma classificação gramatical correspondente, o analisador marca a palavra com uma TAG específica, denominada Neutro. Esta marcação indica que o componente não consegue analisar a palavra, e que o analisador ortográfico será o responsável pela análise de tal palavra. Depois de executar todas as classificações e marcações das palavras, quando for necessário, a etapa de avaliação ortográfica-gramatical é iniciada.

As sentenças são avaliadas de acordo com esses Tokens que estão contidos nas listas. Foram utilizadas técnicas disponíveis no Apache OpenNLP. A correção é realizada com sugestões de acordo para cada tipo de erro que foi encontrado, o corretor recebe um texto, avalia e retorna as devidas sugestões para as palavras ou expressões que forem identificadas como erradas.

Quando o avaliador gramatical encontra uma palavra com marcação Neutra, repassa para o avaliador ortográfico, onde, são avaliadas e posteriormente, marcadas com uma das seguintes TAGs:

- I. Positivas: São as palavras Neutras que foram consideradas corretas depois da avaliação do módulo ortográfico;
- II. Negativas: São as palavras Neutras que foram consideradas como erradas logo após a validação pelo módulo ortográfico.

Para remarcar as palavras Neutras como Positivas ou Negativas, o analisador ortográfico consulta o dicionário auxiliar, verificando a presença ou não da palavra. Quando a palavra é encontrada, o analisador substitui a marcação Neutra pela marcação Positiva, indicando que a palavra existe e está grafada corretamente.

Quando a palavra está ausente, ou está escrita incorretamente, ela é marcada como Negativa, e a partir deste momento, o avaliador ortográfico utiliza técnicas de algoritmos genéticos para recomendar possíveis correções. Para isso é criada uma população inicial com base em alterações de caracteres da palavra. Após verificações como quantidades de caracteres com a palavra que se quer encontrar, algumas funções começam a induzir palavras que se assemelham à palavra errada, utilizando consultas com caracteres especiais SQL e, logo após, o algoritmo repassa toda a solução gerada de palavras para a função baseada no algoritmo Levenshtein Distance. As melhores sugestões são vinculadas à palavra que já está com a marcação Negativa e são retornadas para o avaliador gramatical continuar sua avaliação. Como pode ser visto, a técnica de correção ortográfica ocorre durante a validação gramatical das palavras, o que de certa forma, influencia e colabora com o módulo ortográfico, pois no momento da avaliação gramatical, o Módulo Gramatical já age marcando as palavras em prováveis erros, o que facilita a identificação e onde pode ser encontrado tal erro, passando esta informação dinamicamente para o módulo ortográfico, que avalia e dá a classificação como um erro e sua respectiva sugestão, ou como uma palavra correta.

O algoritmo genético faz a população inicial com base em um dicionário. Algumas funções fitness validam a população criando novas populações de palavras que melhor se adequam à palavra incorreta. Em uma dessas funções de fitness foi aplicado o algoritmo LD – Levenshtein Distance, como aponta Vladimir et al (1966). A técnica calcula e aproxima quais palavras, estão mais próximas da palavra incorreta.

Com base nos valores gerados pelo cálculo da distância entre as palavras sugeridas, uma nova função fitness avalia e ordena os valores, colocando as palavras que obtiveram a menor distância gerada pelo algoritmo LD.

As mutações são realizadas com base nas palavras que obtiveram o menor cálculo da distância, retirando caracteres e acrescentando novos com base em consultas ao dicionário.

A reprodução se dá através da combinação das palavras que mais se aproximaram da palavra incorreta, verificando e validando através do dicionário.

Então, uma sugestão é feita para o analisador Gramatical que novamente valida a sentença e a repassa para o usuário.

4. Trabalhos Relacionados

Nesta seção, serão apresentados os trabalhos que envolvem correções de atividades escritas apresentando características referentes a cada um.

4.1. CoGrOO

Corretor Gramatical de código aberto capaz de identificar diversos erros relacionados à colocação pronominal, concordância nominal, concordância sujeito-verbo, uso da crase, dentre outros. Todos eles voltados para o idioma Português do Brasil, como aponta Colen (2013).

O CoGrOO utiliza uma análise híbrida com o texto sendo mapeado logo de início com o uso de técnicas estatísticas de PLN – Processamento de Linguagem Natural, e em seguida, o sistema responsável por identificar os possíveis erros gramaticais é executado com base nas regras definidas.

A ferramenta não possui um módulo ortográfico para a validação ortográfica de forma completa, dado que o sistema é apenas gramatical.

4.2. LanguageTool

É um sistema verificador de estilo e gramatical de código aberto. Foi desenvolvido primeiramente para a língua Inglesa, porém, atualmente realiza a correção gramatical para diferentes idiomas, segundo Naber (2003).

LanguageTool recebe como entrada o texto e retorna uma lista com os possíveis erros. Para a detecção dos erros, cada sentença é dividida em palavras, e essas palavras recebem sua tag part-of-speech que estabelece a relação do discurso que esta palavra tem na frase. Cada frase é dividida em sintagmas nominais. Quando o erro é identificado, cada regra que deu origem ao erro possui uma explicação do erro cometido e a posição no qual o erro foi encontrado.

As regras para expressar os erros descrevem o erro não somente ao nível de palavra, mas também ao nível de frase. Com a integração aos processadores de textos, o LanguageTool pode usar a verificação durante a entrada de texto, ou seja, a verificação on-the-fly. As regras são escritas e expressas em um arquivo XML, e pode ser facilmente alteradas pelos usuários.

A ferramenta apenas avalia erros gramaticais com suas sugestões, não especificando os erros ortográficos.

4.3. ReGra

ReGra é um revisor Gramatical para o idioma Português do Brasil [Figura 5.3]. Foi desenvolvido com parceria USP-Itautec/Philco, segundo Nunes (2000). Embora tenha suporte a corretor ortográfico, o ReGra não inclui rotinas para este tipo de verificação.

Três módulos constituem o ReGra:

- I. Módulo Estatístico: Oferece tratamento estatístico realizado por uma série de cálculos, informando quantidade de parágrafos, sentenças, palavras. Esse módulo é o responsável por classificar o grau de dificuldade de leitura do texto.
- II. Módulo Mecânico: Verifica erros que não podem ser verificados por um corretor ortográfico, como palavras ou símbolos repetidos, balanceamento incorreto de delimitadores como parêntesis e aspas, entre outros.

III. Módulo Gramatical: Neste módulo, foi executado um levantamento de erros mais comuns entre usuários. Com esse levantamento, o objetivo foi implementar um módulo que voltasse para o interesse dos potenciais usuários..

5. Experimento Piloto

O objetivo da avaliação do sistema proposto foi avaliar a estrutura ortográfica e sintática de Redações do ENEM, oferecendo sugestões e observar o funcionamento dos módulos tanto de forma isolada quanto unida, encontrar limitações e erros para possíveis melhorias. Com os resultados, podemos levantar estudos sobre a criação de sistemas que envolvam não somente a correção sintática, mas também, a ortográfica.

O experimento foi realizado com 20 redações disponíveis na WEB, utilizando o novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa. As redações seguem o modelo de escrita para o Exame Nacional do Ensino Médio com suas devidas correções realizadas por professores/tutores.

As redações foram escolhidas com base em erros ortográficos e sintáticos, pois o intuito do experimento foi avaliar a primeira competência do ENEM: Demonstrar Domínio da norma padrão da língua escrita sob os critérios ortográficos e sintáticos. Todas contendo uma quantidade mínima de 300 caracteres.

A avaliação das redações ocorreu com os módulos isoladamente e nos módulos em funcionamento em conjunto. Os critérios para a avaliação do sistema foram Precisão e Recall, dados pelas seguintes fórmulas:

$$Prec = \frac{PC}{PC+PI} \text{ E } Rec = \frac{PC}{PC+AI}$$

- PC = Palavras que eram erros e foram corrigidas;
- PI = Palavras eram erros e não foram corrigidas;
- AI = Palavras que não eram erros e foram destacadas como incorretas;

6. Resultados e Discursão

O experimento comparou o desempenho do Módulo Gramatical, do Módulo Ortográfico e de ambos em conjunto, cada um com sua função para ser avaliada.

6.1. Módulo Ortográfico

A avaliação foi dividida entre 5 de 10 redações. Dois testes foram realizados mostrando o nível de exatidão não somente comparando os erros que o módulo deveria encontrar, mas também com as sugestões de palavras que ele deveria fazer.

I. Com cinco primeiras redações

O algoritmo cumpriu a primeira etapa com 60% das redações avaliadas com sucesso. Os 40% que tiveram quantidade de erros identificados, diferente da quantidade de erros existentes. Isso se deu pelo fato de que novas palavras, que não estavam mapeadas no dicionário, não puderam ser avaliadas nem identificadas. Contudo, o analisador ortográfico conseguiu dar sugestões de palavras que se assemelhavam ao que estaria sendo considerado erro.

Com o mapeamento dessas novas palavras, o algoritmo conseguiu avaliar todas as redações com 100% de acerto da quantidade de erros ortográficos encontrados para essas redações.

II. Com cinco últimas redações

A avaliação dos resultados da classe 2 foi de 80% de acertos relacionados à quantidade de erros esperados. Os 20% foram avaliados e todos os erros foram encontrados com 3 palavras que não puderam ser classificadas. Foram avaliadas como erros, pois não constavam na base de dados do dicionário.

6.1.1. Discursão final

Tendo em vista um Total de 134 erros ortográficos que deveriam ser encontrados, o Módulo Ortográfico encontrou 139 erros. Com precisão $Prec = 1$ e com $Recall\ Rec = 0,96$. Porém, todos os erros que deveriam ser encontrados, foram encontrados, restando 5 palavras classificadas como verdadeiros negativos, pois não se tratavam de erros, e sim de palavras que não foram encontradas na base de dados do dicionário. Logo, concluímos que a base do dicionário necessita ainda mais de palavras.

6.2. Módulo Gramatical

A avaliação seguiu o mesmo padrão da anterior. Foram divididas entre dois grupos de 5 redações.

I. Com cinco primeiras redações

As cinco primeiras redações para a análise Gramatical eram formadas de expressões que somente possuíam erros gramaticais. As sentenças das redações possuíam erros que envolviam uso da crase, concordância nominal e verbal, entre outros. O analisador gramatical agiu com 60% de acertos, não conseguindo encontrar 3 erros. Por ter sido modificado para receber o módulo ortográfico, algumas alterações quanto ao uso da crase e concordância verbal. O Módulo passou novamente por uma correção e reformulação de algumas regras de avaliação de sentenças. E o erro foi corrigido de forma geral.

II. Com cinco últimas redações

Neste grupo, erros ligados relacionados a gramática e erros voltados para a ortografia também estavam presentes. Os pós – erros, como já era de se esperar, foram somente dos erros Gramaticais, dado que o módulo Gramatical não se preocupa com a validação dos erros ortográficos. Teve-se uma taxa de 60% com base nos erros esperados. O que mais chamou a atenção foi que os erros ortográficos influenciaram na validação Gramatical. O Módulo Gramatical não conseguiu identificar alguns erros por conta da posição onde determinados erros ortográficos se encontravam.

6.3. Módulo Gramatical e Módulo Ortográfico

As redações separadas com erros de ortografia e gramática foram avaliadas com a junção dos módulos ortográfico e gramatical.

Pode ser observado que 80% das redações foram corrigidas com sucesso. Quando o módulo ortográfico atuou em conjunto com o módulo gramatical, os erros encontrados foram os erros esperados

7. Conclusão

Este trabalho mostrou e discutiu através de resultados técnicas de Processamento de Linguagem Natural para correção textual de Redações na língua Portuguesa de forma automática.

O módulo Ortográfico – Gramatical cumpriu com a primeira competência de avaliação proposta pelo INEP para avaliar os estudantes que fazem o ENEM.

Foi possível levantar um estudo, avaliando que palavras com ortografia errônea, podem atrapalhar o contexto de toda a frase, fazendo com o que a correção gramatical gerada pelo analisador ignorasse erros gramaticais. O Sistema proposto traz consigo um modelo de correção com as respectivas sugestões, ajudando ao aluno e diminuindo a sobrecarga por parte do professor. Com esse sistema de correção, os alunos saberão o que está errado e quais sugestões ele poderá usar para corrigir a palavra ou sentença, o que exige que o aluno efetue a correção manualmente com as sugestões e localizações dos respectivos erros.

7. Limitações e Trabalhos Futuros

No módulo ortográfico, a base de dados do dicionário utilizado ainda é pequena, o que acarreta em uma correção errônea quando se tem uma nova palavra, e adição de palavras novas exige um trabalho muito braçal.

No módulo gramatical, algumas regras que fazem a avaliação da sintática lógica, como conjugações verbais ainda se encontram com pequenos erros de avaliação com a posição dos termos na oração, ou melhor, quanto à posição do sujeito e predicado.

A continuação da expansão do dicionário e uma implementação de um modelo de dicionário Semântico baseado em ontologias, facilitando em estudos relacionados à semântica e à pragmática do Módulo Gramatical, podendo realizar não somente frases e sentenças, mas extrair significados utilizando Latent Semantic Analysis visando uma correção da redação não somente avaliando termos ou expressões, mas todo o contexto.

References

- MARTINET, André. Elementos de linguística geral. 8 ed. Lisboa: Martins Fontes, 1978.
- ALLEN, J. Natural Language Understanding. Redwood City, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1995. 654p.
- Daelemans, W., J. Zavrel, & S. Berck (1996). MBT: A memory based part of speech tagger-generator. In E. Ejerhed & I. Dagan (Eds.), Proceedings of the Fourth Workshop on Very Large Corpora, pp. 14–27.

- Wilkins, M. & J. Kupiec (1996). Training hidden markov models for part of speech tagging. Revision 4.
- Jurafsky, D.; Martin, J. H. Speech and Language Processing – An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.
- Naber, Daniel. A rule-based styyle and grammar checker. PhD thesis, Faculty of Technology, Bielefeld University, 2003.
- Nunes, M. e Oliveira, Osvaldo. O Processo de desenvolvimento do revisor gramatical ReGra. NILC – Núcleo Interinstitucional de Linguística Computacional, ICMC - USP, 2000.
- Colen, William ; Finger, Marcelo. Improving CoGrOO: the Brazilian Portuguese Grammar Checker. Em: STIL 2013 The 9th Brazilian Symposium in Information and Human Language Technology, 2013.
- Derek Sleeman and John Seely Brown. Intelligent Tutoring Systems. London: Academic Press, 1982.
- Jochen Wulf, Ivo Blohm, Jan Marco Leimeister, and Walter Brenner. Massive open online courses. Business & Information Systems Engineering, 6(2):111–114, 2014.
- Vladimir I. Levenshtein, Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals, Doklady Akademii Nauk SSSR, 163(4):845-848, 1965 (Russian). English translation in Soviet Physics Doklady, 10(8):707-710, 1966.
- José Manuel Moran. O que é educação à distância, 2008.
- Derek Sleeman and John Seely Brown. Intelligent Tutoring Systems. London: Academic Press, 1982.
- Jochen Wulf, Ivo Blohm, Jan Marco Leimeister, and Walter Brenner. Massive open online courses. Business & Information Systems Engineering, 6(2):111–114, 2014.
- ALMEIDA, MEB de. "Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. 2003.
- DA SILVA, Antonio Carlos Ribeiro. "Educação a distância eo seu grande desafio: o aluno como sujeito de sua própria aprendizagem." (2004).
- Moran, José Manuel. "Educação inovadora na sociedade da informação." ANPEDE. São Paulo 168.200.17 (2006).