CONHECENDO O FUNDAMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 ATRAVÉS DOS ALGORITMOS GENÉTICOS E APRENDIZAGEM DE MÁQUINAS

Knowing the foundation of the industry 4.0 through genetic algorithms and machines learning.

.

HALLA, Fernando Herrera
Centro Universitário de Jaguariúna - UniFAJ

TEIXEIRA NETO, Jasson Marques
Centro Universitário de Jaguariúna - UniFAJ

GONÇALVES, Matheus de Carvalho
Centro Universitário de Jaguariúna - UniFAJ

NETO DELGADO, Geraldo G.
Centro Universitário de Jaguariúna - UniFAJ

Resumo: Aprendizagem de Máquinas (AM) possui os conceitos de desenvolvimento de técnicas computacionais, construção de um sistema capaz de adquirir conhecimento automático e tomar decisão sozinha, possuem paradigmas como símbolos, estatístico, baseado em exemplo e conexionista. Algoritmo Genético (AG) trabalha com conceitos sobre o campo da computação evolutiva, são métodos de otimização e busca inspiração nos mecanismos de evolução das espécies, com conhecimento intuitivo e dedutivo, são partes chaves do algoritmo genético. Sem a pretensão de apresentar a cronologia histórica da indústria 4.0, AM e AG, verifica-se a importância de conceitos sobre o tema abordado, busca-se através de pesquisas de artigos científicos, material didático e livros, assuntos para compreensão de como chega-se na indústria 4.0.

Palavras-chaves: Indústria 4.0; Aprendizagem de Máquinas; Algoritmo Genético.

Abstract: Machine Learning (MA) has the concepts of development of computational techniques, construction of a system capable of acquiring automatic knowledge and decision making alone, have paradigms such as symbols, statistical, example and connectionist. Genetic Algorithm (GA) works with concepts on the field of evolutionary computation, are methods of optimization and seek inspiration in the mechanisms of evolution of species, with intuitive knowledge and deductive are key parts of the genetic algorithm. Without the pretension to present the historical chronology of the industry 4.0, AM and AG, the importance of concepts on the subject is verified, search through researches of scientific articles, didactic material and books, subjects for understanding of how one arrives in the industry 4.0.

Key-words: Industry 4.0; Machine Learning; Genetic Algorithm.

INTRODUÇÃO

Segundo autor OLIVEIRA (2017), Aprendizagem de Máquinas (AM) é uma inteligência artificial com objetivo de desenvolvimento de técnicas computacionais sobre a aprendizagem e a construção de um sistema capaz de adquirir conhecimento automático. Esse sistema é um programa que toma decisões baseadas em experiências anteriores acumuladas, soluções bem-sucedidas em problemáticas anteriores.

A AM, segundo OLIVEIRA (2017), é uma ferramenta para aquisição autônoma de conhecimento, contudo, não existe apenas um algoritmo que mostre o melhor desempenho para os problemas. Informa-se que possui dois tipos de aprendizagem, indutiva e dedutiva, em que a aprendizagem indutiva é uma modelo de inferência lógica, permitindo obter conclusões com consequência de um conjunto de exemplos e aprendizagem dedutiva é uma pessoa usando o raciocínio de dedução, para deduzir novas informações por meio de informações relacionadas logicamente.

O AM supervisionado são observações em todo o conjunto de treinamento, acompanhado por *labels* que indicam a classe à que pertencem. Além disso no AM encontramos alguns paradigmas, tais como: Símbolos; estatística, baseando em exemplos conexionista e evolutivo. (OLIVEIRA, 2017).

Contudo oS Algoritmos Genéticos (AG), segundo SOARES (1997), atua com intuito de encontrar meios para elevar o aproveitamento de recursos, reduzir custos, aumentar desempenho, entre outros problemas em que existem diversas variáveis que tornam o fator experiência insuficiente para resolução dos mesmos.

> *Esses algoritmos seguem o princípio da seleção natural e sobrevivência do mais apto, declarado pelo naturalista e fisiologista inglês Charles Darwin em seu livro A Origem das Espécies...* (PADILHA, 2013).

O autor SOARES (1997), comenta que a aplicação de Algoritmos Genéticos começa com uma compilação de dados, variáveis com valores que as quantificam. Então essas variáveis, que são ainda possíveis variações de solução, são combinadas entre si de forma aleatória, e apresentadas em

conjuntos chamados de cromossomos, formando uma população finita de estudo.

Com a aplicação de operadores de seleção e recombinação (processo evolutivo), são selecionados os de maior aptidão, e então gerados novos cromossomos de nova geração com uso de recombinação, que são outra vez avaliados até que se chegue a um número de gerações pré-determinado. Assim, o Algoritmo Genético vem sendo usado como ferramenta de busca, pode ser aplicado em inúmeros estudos das diversas áreas. (SOARES, 1997).

Através de pesquisa bibliográfica, busca-se entender as aplicações dos conceitos de algoritmo genético e aprendizagem de máquinas, compreendendo suas metodologias e aplicações pelas quais estes conceitos, tornaram possíveis a contribuição para o entendimento da Indústria 4.0.

MÉTODOS

Com esta relação entre Indústria 4.0 e algoritmos genéticos, unidos à aprendizagem de máquinas, busca-se através desse trabalho o aperfeiçoamento doa conhecimento da inteligência artificial, com aspectos que se acentuam em árvore de decisão e desenvolvimento de técnicas computacionais, para tanto, busca-se em artigos científicos, materiais de estudo e livros sobre os assuntos abordados, via *websites*, conteúdos que ajudam na elaboração do trabalho.

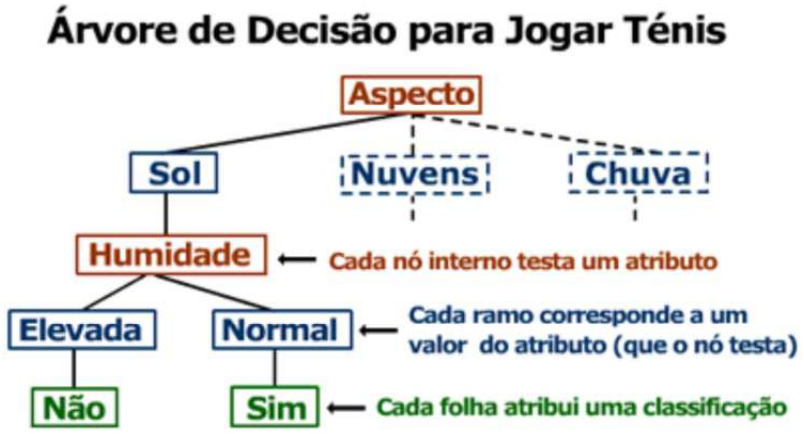
Palavras chaves pesquisadas	Algoritmo Genético e aprendizagem de máquina; Algoritmo Genético; Aprendizagem de Máquina; Algoritmo Genético e aprendizagem de máquina contribuições para indústria 4.0; Inteligência Artificial; Árvore de decisão; Genética Natural; Genética Artificial.			
Quantidade de Artigos analisados com as palavras chaves	34 artigos			
Local de pesquisa	Total de artigos vistos com as palavras chaves	Artigos Utilizados	Artigos Lidos	Data de acesso
Biblioteca UFMG Tese	3	1	1	19/10/2017
EBESCO	10	1	6	20/10/2017
Biblioteca UNICAMP Tese	7	1	4	26/10/2017
Biblioteca PUCPR Tese	3	1	2	14/11/2017
Biblioteca UFLA Tese	2	1	2	15/11/2017
Biblioteca UFRN Tese	2	1	1	15/11/2017
Livro do Severino	4	1	1	19/11/2017
Biblioteca UFRJ Tese	2	1	1	19/11/2017
Biblioteca UNIVASF Tese	3	1	1	19/11/2017
Google Academic	17	1	9	19/11/2017
Biblioteca USP Tese	8	1	6	20/11/2017
Revista iMasters	1	1	1	23/04/2018

Realizou-se pesquisas em diversas plataformas, como EBESCO, SciELO, entre outras, porém a mais citadas apresenta-se acima. SEVERINO (2007) aponta que buscas na internet, necessitam de cautela, pois nem tudo é confiável.

DESENVOLVIMENTO

Aprendizagem de máquinas: Conceitos e Definições

Conforme BARANAUSKAS (2007), diversos sistemas que possuem a Aprendizagem de máquinas, encontra-se características particulares e características comuns que possibilitam a classificação, em relação à linguagem de descrição, o modo, o paradigma e a forma de aprendizado. Possuem dois principais conceitos, o indutor e o dedutivo. Aprendizagem de máquinas indutivo: tem como principal método a utilização da árvore de decisão indutiva, pois aproxima as funções discretas mais robustas a dados com ruídos, permitindo a aprendizagem de expressões que não contém elementos comuns uns com os outros. Ver a figura 1, apresenta uma Árvore de decisão e cada nó desta é responsável por um teste de atributos.



<Fonte: site da ppgia.pucpr.br 14/11/2017.>

A aprendizagem de máquinas dedutivo, é uma modelo de inferência logica, permitindo obter conclusões com consequência de um conjunto de exemplos e aprendizagem dedutiva é uma pessoa usando o raciocínio de dedução para deduzir novas informações por meio de informações relacionadas logicamente, tendo como principal objetivo definir uma determinada hipótese que concorde com o material de estudo.

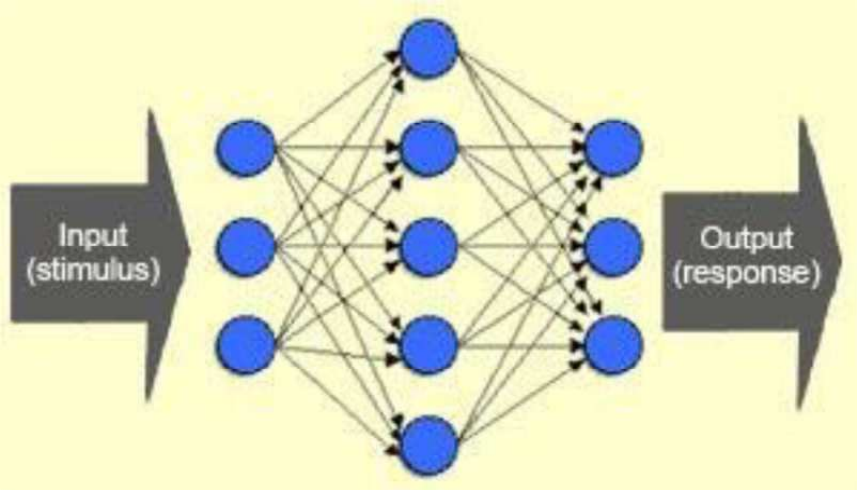
Observa-se que na figura 2 mostra como o autor BARANAUSKAS (2007), o que é dedutivo e indutivo.

Argumentos Dedutivos	Argumentos Indutivos
Se todas as premissas são verdadeiras então a conclusão é verdadeira	Se todas as premissas são verdadeiras, a conclusão é *provavelmente* verdadeira, mas não *necessariamente* verdadeira (à exceção dos argumentos matemáticos indutivos)
Toda a informação do conteúdo factual da conclusão já está, pelo menos implicitamente, nas premissas	A conclusão contém informação que não está implicitamente ou explicitamente nas premissas

<**Fonte**: http://dcm.ffclrp.usp.br/~augusto/teaching/ami/AM-I-Conceitos-Definicoes.pdf 03/11/2017.>

Como exemplo de aprendizagem de máquinas pode-se citar: definição de clientes ideais para cartão de crédito, onde temos como tarefa: estratificar clientes como bons ou maus pagadores, medida de desempenho: qual o percentual de clientes classificados coerentemente, experiência de treinamento: através de uma base de dados do histórico, verificar previamente os clientes como bons ou maus pagadores.

O autor OLIVEIRA NETO (2012) refere-se aos paradigmas da aprendizagem de máquinas citados como simbólico, que tem o conceito de estrutura simbólica com exemplos de expressão lógica e com determinadas regras para a produção. Estatístico é outro paradigma que a utilização deste modelo é para encontrar uma hipótese que se aproxime do conceito, encontrando os parâmetros ideias dele, possui o modelo que é baseado em exemplos, base de modelos já existentes e atribui-se uma classe de padrão parecido e o paradigma conexionista, que pesquisa através de redes neurais artificiais, baseado no cérebro humano, com três principais componentes que são os neurônios, as sinapses (zona de contato entre o axônio e os dendritos de outros neurônios, na qual ocorre a transmissão de fluxo nervoso) e uma topologia. Observa-se que a figura 3 mostra um exemplo de paradigma conexionista .



<**Fonte**: Site da Univasf.edu.com.br 14/11/2017>

Segundo CHAKRABORTY, 2018, outros exemplos de aplicação de Aprendizagem de máquinas: Tradução do *Google*, notícias do *Facebook*, a AM faz uso de sistemas automáticos que buscam otimização de dados, podendo ser utilizados em diversas áreas, tais como: Educação e Saúde.

Um exemplo de aplicação desta ferramenta na área de educação, o autor BERI, 2016, cita que não estamos aqui dizendo que os professores deveriam ser substituídos por robôs, o fato é que AM trabalha com grande variedade de dados, isso pode trazer uma contribuição com a análise do perfil de um determinado aluno, e diante destes diagnósticos, através de padrões estabelecidos, é fornecido uma sugestão de conteúdo ideal à ser oferecido ao aluno, com isso ajudando no aprendizado.

Um exemplo de aplicação desta ferramenta na área de saúde, segundo NUNES, 2014, outra área que se utiliza de AM com maior frequência é a área da saúde. O autor afirma que nas Startups que trabalham desenvolvendo softwares que encontrem lesões, identificando pontos com detalhes em um exame de imagem para uma melhor identificação dos médicos, para isso é utilizado grande quantidade de dados e referências para evitar equívocos. A intenção não é substituir os radiologistas, apenas se utilizar de dados para o fornecimento de informações para que os profissionais venham a realizar seu trabalho com maior precisão e rapidez.

Aplicação do Machine learning na indústria 4.0

Um exemplo de aplicação do AM na indústria 4.0, segundo o autor LATTARO, 2018, apresenta uma ideia, imaginar um fábrica em que cada máquina possui vários sensores e isso dá em tempo real muitos dados para analise, mostrando um *feedback* de seu funcionamento, se está bem ou não. Os dados coletados, são armazenados e posteriormente é necessário fazer uma classificação dos mesmos, essa classificação pode ocorrer de acordo com a problemática que quer resolver. Essas classificações são divididas em dois modelos, classificação binária que é extremamente importante para a árvore de decisão, também é uma extensão do modelo de regressão.

> *"Esse método é baseado na estratificação binária das covariáveis que levam a tomada de decisão. Este modelo estatístico pode ser utilizado em algoritmos de previsão, como indicar se uma máquina quebra ou não quando atingir determinada temperatura..." (*LATTARO, 2018).

O outro modelo estatístico utilizado na criação de modelo preditivo da ML é a classificação de classes, neste modelo os dados são agrupados por proximidade e a frequência com que aparecem é levada em conta.

> *"É comumente utilizado para análise de dados subjetivos – na indústria, por exemplo, podemos enxergar isso como o desgaste de uma correia..."*
> *(*LATTARO, 2018).

Conforme LECUN, 2015, outro aspecto importante para a aprendizagem de máquinas, é o termo *Deep Learning*, que significa aprendizagem profunda, que consiste em métodos que melhoram muito o estado da arte para o reconhecimento de fala, de objetos visuais, detecção de objetivos, até mesmo descoberta de drogas. Consegue descobrir estruturas entrelaçadas em grandes bancos de dados utilizando o algoritmo *backpropagation*, com isso, para mostrar se uma máquina deve alterar seus parâmetros internos.

BRANSCOMBE, 2017, explica que o *Deep Learning* são redes neurais de camadas profundas, pode-se citar seguinte exemplo: a primeira camada pode reconhecer quais as raças de cães que estão sendo estudas e observadas, podendo encontrar detalhes através de imagens, outra camada da rede neural pode verificar detalhes de texturas de pele e dentes, enquanto que uma terceira camada faz o reconhecimento de caldas, ouvido e olhos, e por fim faz a distinção das diferentes raças.

Algoritmos Genéticos: Conceitos e Definições

Segundo PADILHA (2013), este paradigma nomeado com evolutivo é baseado na evolução das espécies de Charles Darwin, o algoritmo é iniciado com uma população de indivíduos, os quais representam a possibilidade de solução para o modelo em estudo, todavia, há uma disputa e os indivíduos com baixo desempenho são desconsiderados e são utilizados os indivíduos com desempenho superiores para a reprodução, podendo ou não sofrer algum tipo de mutação.

As ideias e práticas por trás do conceito de Algoritmos Genéticos, procuram fazer o mesmo que a natureza faz. Para exemplificar de forma a não alterar a ideia central do autor, MICHALEWICZ ,2017, cita:

> *"Deixe-nos tomar coelhos como um exemplo: em certo momento existe uma população de coelhos. Alguns deles são mais rápidos e inteligentes que outros. Esses coelhos mais rápidos e inteligentes são menos propensos a serem devorados por raposas. Portanto mais deles sobrevivem para realizar o que os coelhos fazem de melhor, fazer mais coelhos. É claro que alguns dos mais lentos e menos inteligentes vão sobreviver por que tiveram sorte. Essa população de coelhos começará a procriar. A procriação resultará em uma boa mistura do material genético dos coelhos: alguns coelhos lentos procriam com coelhos rápidos, alguns rápidos com rápidos, alguns coelhos inteligentes procriam com coelhos não tão inteligentes, e assim sucessivamente. E, além disso, a natureza joga um "coelho selvagem" vez ou outra, resultado de mutação de material genético. Os filhotes resultantes serão (em média) mais rápidos e inteligentes que a população original, por que mais predecessores rápidos e inteligentes sobreviveram às raposas..."* (MICHALEWICZ, 2017).

Na natureza, segundo KOZA (1992), o processo de evolução acontece quando quatro condições são satisfeitas:

• Quando um indivíduo tem a habilidade de se reproduzir

• Quando há uma população de tais indivíduos reprodutores

• Quando há certa variedade entre os indivíduos reprodutores

• Algumas habilidades de sobrevivência ao ambiente são associadas à diversidade

Em ambientes naturais, diversidade é relacionada à variação dos cromossomos nos indivíduos participantes da população. Essa diversidade resulta em variação em ambos comportamento e estrutura dos indivíduos em seus ambientes.

Esse conceito é apresentado por Charles Darwin no livro A Origem das Espécies em que, após certo tempo e várias gerações, toda a população vem a ter maioria de indivíduos portadores dos cromossomos relacionados à melhor desempenho em seu ambiente, sobreviver e reproduzir.

Além disso KOZA (1992), o Algoritmo Genético simula o processo Darwiniano de evolução e faz com que haja naturalmente, operações de mutação nos cromossomos. O Algoritmo Genético é uma programação matemática altamente paralela que transforma um conjunto (ou população) de objetos matemáticos individuais (normalmente, linhas de caracteres de comprimento fixo, padronizadas a partir de linhas cromossômicas) cada uma associada a um valor de aptidão, em novas populações (de nova geração) usando operações baseadas nos princípios de evolução e sobrevivência do mais apto de Darwin.

Durante a programação do Algoritmo Genético, a fim de manter correspondência e facilitar entendimento do mesmo, são utilizados de termos ligados a genética natural. Portanto, para entender melhor sobre algoritmo genético, é preciso criar uma ligação entre essas duas áreas.

> *Para manter a analogia, são usados nos sistemas artificiais, os termos pertinentes à genética natural nos sistemas artificiais. Desta forma, um indivíduo ou estrutura corresponde a uma concatenação de variáveis ou cadeias de caracteres (cromossomos), onde cada caractere (gene) encontra-se numa dada posição (locus) e com seu valor determinado (alelo)... (SOARES,1997).*

A Figura 4 mostra esta relação clara entre sistemas naturais e artificiais:

Analogia entre sistemas naturais e artificiais.

Genética Natural	Genética Artificial
gene	caractere
alelo	valor do caractere
cromossomo	cadeia de caracteres
locus	posição do gene na cadeia de caracteres
genótipo	estrutura, indivíduo
fenótipo	conjunto de parâmetros, ponto solução, estrutura decodificada
epistasia	não linearidade

<https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/673M.PDF, 12/10/2017>

De acordo com LIMA (2008), a representação de um indivíduo acontece por meio de um único cromossomo, que contenha os códigos (genótipo) de uma possível solução do problema (fenótipo). Essa representação, então, deve ser o mais simples possível e já contar com as restrições do problema inclusas em sua estrutura.

Segundo MIRANDA (2017), existem tipos diferentes de representação dos cromossomos, sendo binária, inteira ou real. A essa representação do nome vem do alfabeto que o AG utiliza. Dependendo da classe de problema que você deseje resolver, pode-se usar qualquer um dos três tipos.

Segundo CARVALHO (2009), as técnicas usuais geralmente parte de um simples candidato que busca solucionar problemas, tais métodos não usam algoritmo, todavia não se pode considera-lo ineficiente, entretanto apresentam sucesso. Quando é utilizado o método evolucionário com a utilização de AG, temos vantagens, pois a busca se dá do tipo candidatos paralelos, com melhores resultados.

Pode-se destacar quatro aspectos que mostram a diferença entre o método tradicional e o uso do algoritmo genético.

1. AG's utilizam conjunto de parâmetros.

2. AG's se baseia no uso de população e não um único indivíduo.

3. AG's são autossuficientes para obter resultados não dependentes de outro meio de informação.

4. AG´s tem regras distintas de probabilísticas e não determinística.

Segundo CARVALHO, 2009, conseguem soluções ótimas com o uso do algoritmo, além de não ficar travados com limitações que possuem outros métodos convencionais. Com o uso do algoritmo existe a exploração de fatos do meio ambiente que gerem soluções eficientes.

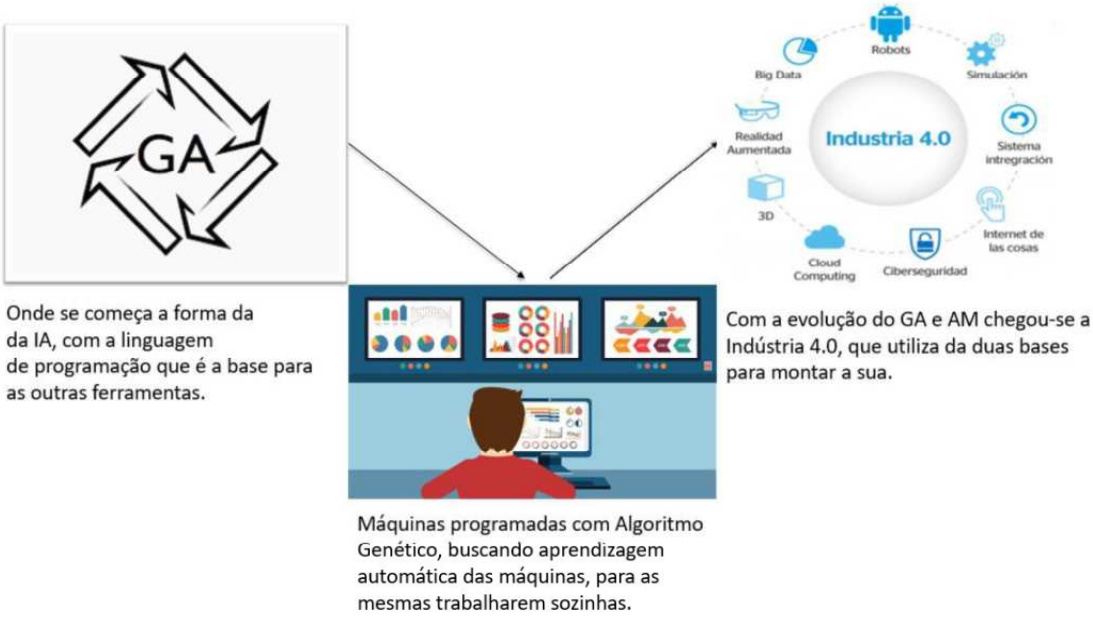
Conhecendo a Indústria 4.0

Para entender melhor sobre a Industria 4.0 é necessário compreender a história, representada na figura 5, que mostra brevemente o que ocorreu com a revolução industrial no mundo.



<**Fonte**: https//www.logixs.com.brindustria-4-0 21/10/2017>

Busca-se sempre a necessidade de fabricas mais inteligentes e autônomas, sempre aprimorando seu conhecimento e suas tecnologias.Para entender a contribuição da AG e AM na indústria 4.0, segue a figura 6 que mostra como chega-se a base que possuem início do século XXI.



Adaptada de <**Fonte**: http://roboterin.com.br/industria-4-0-nova-revolucao-industrial/; https://sourceforge.net/projects/gatoolbox/> 22/10/2017

CONCLUSÃO

Hoje se fala muito em indústria 4.0, porém a compreensão de como se chegou até ela, é o diferencial. Para inovar e desenvolver simultaneamente o uso e compreensão da sua aplicação. Observa-se que o conceito de algoritmo genético e aprendizagem de máquina, pode-se constatar que há uma contribuição com a Indústria 4.0, pois pela sua metodologia aplicada, percebe-se que Algoritmo Genético é uma linguagem de programação, e a aprendizagem de máquinas necessita desta linguagem para seu correto funcionamento. A indústria 4.0 trata-se de tecnologias avançadas que também contemplam máquinas autônomas, e estas necessitam da linguagem para seu funcionamento diário de forma eficaz. Busca-se entender sua metodologia aplicada, para compreender como as ferramentas auxiliam os diversos processos, visando maximizar os resultados, tais como: lucro, produção e eficiência, como também minimizar outros fatores como, por exemplo: custo produtivo, *lead time, takt time* entre outras finalidades. Nota-se que este tema deve ter um aprofundamento em pesquisa científica, visando agregar valor às tecnologias atuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARANAUSKAS, J. A., **Aprendizado de Máquina Conceitos e Definições**. Disponível em: < http://dcm.ffclrp.usp.br/~augusto/teaching/ami/AM-I-Conceitos-Definicoes.pdf>. Acesso em: 03/11/2017.

CARVALHO, A. P. L. F., **Algoritmos Genéticos**. Disponível em: <http://conteudo.icmc.usp.br/pessoas/andre/research/genetic/>. Acesso em: 20/11/2017.

KOERICH, A. L., **Apostila de aula**. Disponível em: < http:// http://www.ppgia.pucpr.br/~alekoe/AM/2005/3-ArvoresDecisao-ApreMaq.pdf >. Acesso em: 14/11/2017.

KOZA, J. R., **Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection**, 1992. Disponível em: < https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=Bhtxo60BV0EC&oi=fnd&pg=PP17&dq=related:Wa7vt2_N8WAJ:scholar.google.com/&ots=9qbOdxb4QP&sig=n4Ru0AFx9FVsIKXgXCYgx14C-oc#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 19/11/2017.

LATTARO, A., Machine Learning aplicado à Indústria 4.0. **Revista iMasters**. Ed. 25. fevereiro, 2018. Pag. 54-57.

LECUN, Y. BENGIO, Y. HINTON, G. Deep Learning. **Nature**, vol. 521. 2015. Pag. 436.

LIMA, E. O. **Algoritmo Genético híbrido aplicado à otimização de funções**. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/5299/1/MONOGRAFIA_Algoritmo_genetico_hibrido_aplicado_a_otimizacao_de_funcoes.pdf >. Acessado em: 15/11/2017.

MICHALEWICZ, Z. **Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs**. Disponível em: < https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=JmyrCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=related:Wa7vt2_N8WAJ:scholar.google.com/&ots=YpHPCWapvo&sig=s-YHYgf_V15ItnmLDSTR4r_uiuw#v=onepage&q&f= false>. Acesso em: 19/11/2017.

MIRANDA, M. N. **Algoritmos Genéticos: Fundamentos e Aplicações**. Disponível em: <http://www.nce.ufrj.br/GINAPE/VIDA/alggenet.htm>. Acesso em: 19/11/2017.

OLIVEIRA, S. R. M., **Apostila de aula**. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~wanderson/Aulas/Aula9/MT803-AprendizadoMaquina-ArvoreDecisao.pdf>, Acesso em: 26/10/2017.

OLIVEIRA NETO, R. F., **Apostila de aula**. Disponível em: < http://www.univasf.edu.br/~rosalvo.oliveira/Disciplinas/2012_1/IA/aulas/AULA08_RFON_IA_APRENDIZAGEM.pdf >, Acesso em: 14/11/2017.

PADILHA, C. A. A. **Algoritmo Genético aplicados a um Comitê de LS-SVN em problemas de classificação**. Disponível em: < https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15472/1/CarlosAAP_DISSERT.pdf >. Acessado em: 15/11/2017.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23° ed. São Paulo, 2007. Pg. 136 a 144.

SOARES, G. L. **Algoritmos Genéticos: Estudo, Novas Técnicas e Aplicações**. UFMG, Belo Horizonte, MG. 1997.

CHAKRABORTY, A. SERRANO, L. **Porque aprender Machine Learning**. 2018. Disponível em: < https://br.udacity.com/course/machine-learning-engineer-nanodegree--Nd009?gclid=EAIaIQobChMImM2r9sLk2gIVjg2RCh0gEQvYEAAYASAAEgLrPPD_BwE>. Acesso em: 01/05/2018.

BERI, M**. Aprendizado de Máquinas na educação.** 2016. Disponível em: <https://blog.learncafe.com/aprendizado-de-maquina-na-educacao/>. Acesso em: 01/05/2018.

NUNES, N. **Como usar Aprendizagem de Máquinas para encontrar lesões**. 2014 Disponível em: <https://saudebusiness.com/noticias/como-usar-aprendizagem-de-maquina-para-encontrar-lesoes/>. Acesso em: 01/05/2018.

BRANSCOMBE, M. **Guia prático para aplicação de Machine Learning nos negócios**. 2017. Disponível em: <http://cio.com.br/tecnologia/2017/09/23/guia-pratico-para-a-aplicacao-de-machine-learning-nos-negocios/>. Acesso em: 01/05/2018.