

NOTAS DE AULA

A NANOTECNOLOGIA E SEUS IMPACTOS ÉTICOS E SOCIAIS NO MUNDO DO TRABALHO

Jorge M. Pontes¹

Resumo

O objetivo de nossa aula é fazer uma análise dos impactos éticos e sociais da aplicação da nanotecnologia em sua convergência com outras tecnologias no mundo do trabalho. E para o desenvolvimento do tema, contextualizaremos a nossa base teórica com casos de empresas (*cases*), sendo que o impacto social será visto pelo prisma da precarização social do trabalho ocorrida em razão da adoção do princípio *cyber-physical system* pela indústria (Indústria 4.0). Já para questão ética, nossa discussão partirá de um dilema que surge a partir de nossa vontade de criar limites [regulamentar]: que princípios éticos serviriam como fundamento no apontamento de diretrizes para nanotecnologia. Neste trajeto, procuraremos responder a duas questões básicas: É possível afirmar que estas novas tecnologias - em especial a nanotecnologia - gerarão uma mudança de valores [impacto ético] nos grupos de trabalhadores e empregadores? Quais os impactos sociais advindos do uso, direto ou indireto, da nanotecnologia no mundo do trabalho para sociedade?

Tecnologias emergentes ou convergentes?

Por isso, eu aceito a doutrina pré-clássica de que tudo é *produzido* pelo *trabalho*; além da ajuda do que antes era chamado de arte e agora se chama *técnica* [...] (Keynes, 1936, p. 195, *tradução nossa*)

Para iniciarmos a aula, gostaria de convidá-los a compreender a nanotecnologia dentro de um ambiente de protagonismo compartilhado com outras tecnologias do século XXI, pois no momento atual fala-se muito em tecnologias emergentes e em convergência tecnológica, contudo o que significam estes termos e qual o destaque da nanotecnologia dentro destes conceitos. As respostas a estas questões nos ajudarão a entender a nossa perplexidade diante das incertezas dos impactos da nanotecnologia e, assim esperamos, nos ajudarão também a (re) adotar um princípio ético deontológico com relação à prevenção dos riscos inerentes a esta tecnologia, diferente de uma fobia em relação às mudanças que certamente enfrentaremos.

Nanotecnologia como tecnologia emergente

Primeiramente, devemos considerar que conceituar é sempre uma tarefa difícil, e todo conceito sobre uma dimensão social é sempre uma simplificação, a adoção de uma posição monista sobre um universo complexo. E quando falamos da tecnologia estamos nos referindo à criatividade humana, a capacidade humana de adaptar-se a novas situações, a inovação e a mudança de percepção; tudo isso faz parte de um universo composto por dimensões sociais, psicológicas, biológicas, etc. Neste contexto, enunciar o que é uma tecnologia emergente não é algo simples e, certamente, são muitas as definições encontradas nos dicionários técnicos e nos artigos científicos. Para nossa aula

¹ Filósofo, especialista e mestre em gestão e políticas públicas; servidor da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – Fundacentro / MTb. Contato: prof.jorgepontes@gmail.com

adotaremos o conceito enunciado por pesquisadores das universidades de Sussex e Cambridge na Inglaterra e do Instituto de Tecnologia da Georgia nos Estados Unidos que, após uma pesquisa bibliométrica e análises qualitativas e quantitativas, chegaram a seguinte concepção, uma tecnologia emergente é:

[...] uma tecnologia radicalmente nova e de crescimento relativamente rápido, caracterizada por certo grau de coerência persistente ao longo do tempo e com o potencial de exercer um impacto considerável no(s) domínio(s) socioeconômico(s) que é observado em termos de composição de atores, instituições e padrões de interações entre eles, juntamente com os processos de produção de conhecimento associados. Entretanto, o seu impacto mais proeminente está no futuro e, portanto, na fase atual de surgimento ainda é um pouco incerto e ambíguo. (Rotolo, 2015, p. 1830, *tradução nossa*)

Apoiados pelo conceito de tecnologias emergentes notamos algumas características compartilhadas pela nanotecnologia, entre elas, a novidade e o rápido crescimento. Algumas pessoas poderão discordar da característica da *novidade* sob a alegação de que o filósofo grego, Demócrito, mesmo que intuitivamente, já transmitia o conceito de que a matéria era formada por partículas menores e as chamava de átomos. Podem alegar ainda que o homem sabia utilizar algumas características dos nano materiais, nano prata e ouro para ser mais específico, na fabricação de artefatos de vidro ou metálicos durante os impérios grego e romano – um exemplo seria o cálice de Licurgo – ou na idade média na ornamentação de vitrais. Entretanto, estes argumentos de quem pretende retirar o caráter de *novidade* da nanotecnologia são facilmente refutados quando consideramos o conceito moderno de ciência que exige uma rigorosidade e sistematização dos conceitos e métodos, algo que não ocorreu nos casos citados acima. Mas não entraremos nesta discussão em razão de não ser o assunto da aula.

A característica de “novidade” da nanotecnologia – ou da nanociência – reside no estabelecimento do princípio, na conceituação e na sua adoção como campo de estudos em meados do século XX. O físico norte-americano, Richard P. Feynman, prêmio Nobel de física (1965) estabeleceu os princípios desta nova ciência em 1959. Discursando para uma plateia no encontro anual da Sociedade Americana de Física, Feynman descreveu um campo de estudos onde pouco teria sido feito, mas que dispunha de um grande potencial e que um aprofundamento das pesquisas “poderia nos dizer muito sobre os fenômenos estranhos que ocorrem em situações complexas” e o mais importante é que esta nova ciência “teria uma enorme quantidade de aplicações técnicas”².

Naquela época a nomenclatura não foi estabelecida, sendo que o primeiro uso do termo “nanotecnologia” foi feito por Norio Taniguchi em 1974. Ele estudou os desenvolvimentos de técnicas de usinagem ao longo do período de 1940 até o início da década de 1970 e previu que, no final da década de 1980, as técnicas teriam evoluído até um grau de precisão dimensional menor que 100 nanômetros³. Em 1986, o engenheiro

² FEYNMAN, Richard P. There's plenty of room at the bottom. *Engineering and science*, v. 23, n. 5, p. 22-36, 1960.

³ WHATMORE, Roger W. Nanotechnology—what is it? Should we be worried? *Occupational Medicine*, v. 56, n. 5, p. 295-299, 2006.

K. Eric Drexler popularizou o termo “nanotecnologia” com a publicação do seu livro “Engines of Creation” e, em 2016, o químico James Fraser Stoddart recebeu o Nobel de química, juntamente com Jean-Pierre Sauvage e Bernard Feringa, por seu trabalho sobre “máquinas moleculares”.

Analisando ainda mais este passo à frente – progresso – da nanotecnologia como campo emergente de pesquisa trago a consideração de Gordon E. Moore sobre os circuitos eletrônicos utilizados nos computadores. A previsão deste pesquisador feita em 1965 assinalava que com os custos de fabricação caindo, o número de componentes por circuito integrado aumentaria de tal maneira que após dez anos seria possível colocar 65.000 componentes em um único chip de silício⁴. Sendo assim, o enunciado popular de que haveria uma “redução no tamanho dos componentes a cada dois anos” ficou conhecido como Lei de Moore.

Hoje podemos afirmar que a nanotecnologia tornou realidade e potencializou esta esperança de Moore; nos dias atuais os dispositivos e seus componentes diminuem de tamanho com uma rapidez muito superior à prevista por ele, os custos caem e a eficiência na transmissão de informações e na utilização de energia aumenta em uma escala inimaginável.

É interessante conhecer uma dessas empresas de tecnologia que faz uso contínuo de nano componentes, e um bom exemplo para contextualizar o que vimos até o momento é a Intel⁵ que trabalha com uma infinidade de *transistores* de 22 nanômetros de escala em um único chip de silício e desenvolve aplicações para diversos setores e conceitos tecnológicos, entre eles, um que é de extrema importância para nossa aula de hoje: Cyber-Physical System (CPS).

Ademais, podemos notar que a nanotecnologia como uma tecnologia emergente tem ainda entre suas características a capacidade de impactar direta e indiretamente a sociedade, impactos os quais podem ser aferidos no momento atual e previstos em parte, mas que tem muito ainda para desvelar no futuro sobre seus malefícios e benefícios em razão de ser um campo científico em desenvolvimento.

Nanotecnologia na convergência tecnológica

É importante entender também o fenômeno da convergência tecnológica [tecnologia convergentes] como sendo a *combinação sinérgica de quatro campos da ciência e da tecnologia que experimentam um rápido crescimento ao longo dos anos*, são eles: nanociência ou nanotecnologia; biomedicina ou biotecnologia, incluindo a engenharia

⁴ MOORE, Gordon E. Cramming more components onto integrated circuits. Proceedings of the IEEE, v. 86, n. 1, p. 82-85, 1998.

⁵ <https://www.intel.com/content/www/us/en/silicon-innovations/advancing-moores-law-in-2014-presentation.html>

genética; tecnologia da informação, incluindo os avanços da computação e das comunicações e; as ciências cognitivas ou neurociência⁶.

Desta forma, podemos afirmar também que o potencial emergente da nanotecnologia se revela por si só e na sua convergência com outras tecnologias. E lembramos que essas tecnologias são produzidas pelo *trabalho humano* e que elas modificarão o mundo do trabalho, seja na organização da produção ou no processo do trabalho; entretanto isso ocorrerá muito mais pelo “como” e “com que” produzimos – instrumentos – do que pelos seus produtos finais em si⁷.

John M. Keynes disse - sobre a crise do início do século XX quando ainda sofríamos com a adequação aos avanços tecnológicos da segunda revolução industrial – *que padecíamos as crescentes dores de mudanças excessivas*, das dores dos ajustes entre um período econômico e outro. Sendo assim, para dizermos que a nanotecnologia representa mais malefícios ou benefícios, especificamente, para o mundo do trabalho dependemos de saber o quanto estamos vulneráveis às dores desta nova transição, e neste ciclo de preparação é importante conhecer qual(is) o(s) Princípio(s) ético(s) que estamos dispostos a adotar para regulamentar – criar limites – a sua aplicação nesta dimensão da vida humana (trabalho).

As revoluções industriais e as tecnologias

Os males físicos e morais pelos quais estamos pessoalmente cercados podem ser mais facilmente evitados quando estamos conscientes de sua existência; e a *virtude* e a *saiúde* da sociedade podem ser preservadas, com menos dificuldade, quando conhecemos as fontes de seus erros e doenças [...] (Kay, 1832, p. 3)

Para sabermos o quanto estamos preparados para as mudanças que a nanotecnologia pode proporcionar no mundo do trabalho, primeiramente, é importante conhecermos o contexto em que estas mudanças das quais estamos falando acontecem. A nossa epígrafe de James P. Kay (1832) que escreveu o livro *As Condições Físicas e Morais dos Trabalhadores da Manufatura de Algodão em Manchester*⁸ relata alguns pontos de tensão da primeira revolução industrial com o surgimento dos teares mecânicos e nos orienta no sentido de entender o que pode ocorrer em novas fases de industrialização e como evitar ou minimizar a ocorrência de riscos inerentes; e neste ponto, a *informação é essencial*.

É interessante lembrar que este livro foi lido por Engels e Karl Marx e os serviu na análise da revolução industrial e das condições dos trabalhadores. Kay (1832) apontou

⁶ ROCO, Mihail C.; BAINBRIDGE, William Sims. Overview Converging Technologies for Improving Human Performance. In: Converging technologies for improving human performance. Springer Netherlands, 2003. p. 1-27.

⁷ Para saber mais leia: “As Novas Tecnologias e a Precarização Social do Trabalho”, disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/Inovacoes%20Tecnologicas.pdf>

⁸ SHUTTLEWORTH, James Phillips Kay. The Moral and Physical Condition of the Working Classes Employed in the Cotton Manufacture in Manchester. Enlarged: and Containing an Introductory Letter to the Rev. Thomas Chalmers, Etc. James Ridgway, 1832.

que as mulheres e as crianças estavam entre os que mais sofriam fisicamente e também forma os que tiveram suas vidas mais afetadas pelas novas regras sociais [morais]. Contudo, outro personagem da época, Andrew Ure (1835), escreveu o livro *Filosofia da Manufatura*⁹ onde defendia os benefícios trazidos pelos teares mecânicos que exigiam dos trabalhadores um menor esforço físico.

A diferença entre estas duas opiniões pode ser explicada quando conhecemos os pontos de vista pelo qual olharam e os princípios éticos que adotaram ao fazer o exame de uma mesma situação. Ure analisa a partir do ponto de vista do capital e da importância da produção de bens; já Kay do ponto de vista da mão de obra empregada. Entretanto, após um exame das obras é fácil perceber que ambos adotaram uma visão ética utilitarista¹⁰ onde há a maximização dos benefícios e a minimização dos malefícios, veremos mais sobre isto no final da aula.

O importante é que ambos perceberam as consideráveis mudanças com a introdução da tecnologia dos teares mecânicos, primeiramente, nos meios de produção cuja manufatura ficou mais rápida e no processo de trabalho mais intenso e que introduziu novos atores sociais: mulheres e crianças. Os impactos sociais também são inegáveis; um exemplo disto é a reorganização do sindicalismo inglês no século XIX que iniciou um “padrão de sindicalismo” que é uma tendência até os dias atuais, eles eram: especializados¹¹; descentralizados; altamente democráticos e; organizados¹². Nesta época houve também o surgimento do grupo conhecido como ludditas¹³ que eram grupos de pessoas que invadiam as fábricas e destruíam os teares mecânicos; e cuja terminologia até hoje é sinônimo de tecnofobia, ódio à tecnologia.

Esta primeira revolução industrial (Mecanização), apesar do destaque inglês, ocorreu em diversos países: Estados Unidos, Alemanha e França. E as mulheres – um novo ator social introduzido no mundo do trabalho – tiveram um papel decisivo nas mudanças sociais. Em 8 de Março de 1857, uma manifestação espontânea — levada a cabo por trabalhadoras do setor têxtil da cidade de Nova York, em protesto contra os baixos salários, contra a jornada de trabalho de 12 horas e o aumento de tarefas não remuneradas — foi reprimida pela polícia de uma forma brutal. Muitas jovens trabalhadoras foram presas e algumas esmagadas pela multidão em fuga¹⁴.

A segunda revolução industrial (Eletricidade) – no final do XIX e início do século XX – continuou trazendo transformações para os meios de produção, como por exemplo a esteira elétrica rolante; e para a organização e o processo do trabalho: especialização do trabalhador, a setorização – a produção fordista-taylorista.

⁹ URE, Andrew. *The Philosophy of Manufactures; or, An Exposition of the Scientific, Moral, and Commercial Economy of the Factory System of Great Britain*. C. Knight, 1835.

¹⁰ John Stuart Mill

¹¹ Significa que se dividiam por profissões, um exemplo atual seriam metalúrgicos, petroleiros, aviários...

¹² GRINT, Keith. *The sociology of work: introduction*. Polity, 2005.

¹³ Para saber mais leia o livro I do *Capital*, Karl Marx

¹⁴ Temma Kaplan, *On the socialist origins of International Women’s Day*, *Feminist studies* 11, n.º 1, 1985, p. 163

Na sociedade durante o período entre guerras já surgiam novas visões de mundo, em parte, como resultado da crise de 1929 que provocou o fechamento de empresas e a perda de empregos nos Estados Unidos. Entretanto, foi no período pós-segunda guerra mundial, momento em que já se configurava a terceira revolução industrial (informática e computação), que vimos surgir o Estado de Bem Estar Social (*Welfare State*) na Europa com concessões ao movimento sindical; e um ritmo vigoroso de crescimento econômico. Neste momento também vimos a substituição da ética utilitarista que caracteriza a primeira e segunda fases da revolução industrial por uma ética antropocêntrica que possibilitou a criação dos direitos humanos; a atualização do conceito de dignidade humana e; o surgimento de medidas de Segurança e Saúde do Trabalhador (SST) em diversos setores econômicos.

Como exemplo de medidas de SST neste período, temos a Lei da Agricultura criada em 1956 na Inglaterra que previa a proteção dos trabalhadores, inclusive crianças que entrassem em contato com *máquinas agrícolas, equipamentos ou veículos*. Neste caso concreto, vemos a preocupação com os riscos inerentes ao uso de uma tecnologia¹⁵.

Em resumo, a análise das três fases iniciais da revolução industrial nos mostra a importância de levar a informação sobre os riscos inerentes ao uso da tecnologia aos trabalhadores, pois assim eles podem buscar formas de prevenção e se organizarem na luta por melhores condições de trabalho. Outro aprendizado que temos é que a criação e utilização de uma nova tecnologia no mundo do trabalho, seja ela algo material como um novo equipamento ou representada em uma mudança organizacional no ambiente de trabalho, sempre trará impactos sociais e éticos para os atores sociais envolvidos.

A quarta revolução industrial e suas características

Quarta Revolução Industrial é um conceito-chave usado para descrever a fase de desenvolvimento tecnológico e de industrialização a qual nos encontramos. Como vimos anteriormente, a fase inicial ocorre com a introdução das máquinas a vapor e dos primeiros teares mecânicos, que datam 1.784, há mais de 200 anos atrás. A segunda fase situa-se no início do século XX com o uso da eletricidade para movimentar as correias transportadoras, esteiras rolantes e a produção em massa, época em que se destacaram nomes como Henry Ford e Frederick Taylor (Fordismo-taylorismo). A terceira fase é a introdução da automação digital da produção através eletrônicos e o uso da informática (BLOEM, 2014).

Hoje nos encontramos no início de uma quarta fase caracterizada pelos chamados *cyber-physical Systems (CPS)*¹⁶ que é a *integração entre computação e processos físicos. Computadores e redes integrados monitoram e controlam os processos físicos, geralmente com loops de feedback onde os processos físicos afetam os cálculos e vice-versa*. Podemos entender ainda que estes sistemas são a consequência de pesquisas que integram a produção, sustentabilidade e satisfação do consumidor, formando a base de

¹⁵ <http://www.hse.gov.uk/aboutus/timeline/index.htm>

¹⁶ LEE, Edward A. Cyber physical systems: Design challenges. In: Object oriented real-time distributed computing (isorc), 2008 11th iee international symposium on. IEEE, 2008. p. 363-369.

sistemas e processos em redes inteligentes. Entretanto, nesta perspectiva, devemos considerar a necessária *convergência de tecnologias* e os campos ainda não explorados com respeito as suas potencialidades, mudanças necessárias no mundo do trabalho e aos riscos ao ser humano.

Segundo Schwab (2016) algumas características surgem no contexto desta revolução:

- I. **Velocidade:** Esta revolução ocorre de forma exponencial e não em passos lineares; resultado de um mundo multifacetado e profundamente conectado e que possui tecnologias, como a *nanotecnologia* que gera constantemente novos materiais e aplicações.
- II. **Amplitude e profundidade:** mudanças de paradigma sem precedentes estão ocorrendo na economia mundial, no mercado, nas sociedades e nos indivíduos. Esta mudando “o que” e “como” as coisas são produzidas. Mas também “quem” nós somos. Se pensarmos nos meios de produção de bens e serviços veremos que casos como a indústria 4.0 trará grandes mudanças não apenas no processo e na gestão de produção, mas também nas relações do trabalho [contratação, inserção e treinamento]; nos sistemas de SST [novos riscos] e; na sociedade [desemprego e desigualdade].
- III. **Impacto sistêmico:** esta revolução envolve a transformação de sistemas completos em países, empresas e na sociedade como um todo. Exemplos deste impacto no mundo do trabalho podem ser sentidos na gestão das aposentadorias e seguridade e social; no direito do trabalho e; na educação profissional.

Pensando efetivamente nos impactos sociais e éticos desta nova fase, a dificuldade que se apresenta na identificação de tais impactos é que, segundo pesquisadores, estamos ainda no início desta transformação, para a qual ainda se faz necessário criar novas estruturas econômicas e organizacionais que possibilitarão agregar a vida do ser humano todo o seu potencial valor.

Contudo, de imediato, já sentimos algumas mudanças na nossa forma de interagir com objetos; de se comunicar [linguagem]; na construção das relações sociais e na relação com o meio ambiente. Para sermos mais específicos vamos direcionar o nosso olhar ao mundo do trabalho, neste contexto, percebemos que a corporificação do princípio do cyber-physical system (CPS) que dá vida ao conceito-chave da quarta revolução industrial é a indústria 4.0.

Indústria 4.0: a corporificação do cyber-physical system

A indústria 4.0 é o resultado da apropriação do princípio do cyber-physical system (CPS) pela indústria tradicional¹⁷ que passa a aplicá-lo na produção, logística e serviços de suas atuais práticas industriais. E isto só foi possível em razão dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos recentes que resultaram em uma maior disponibilidade e acessibilidade a sensores inteligentes, sistemas de aquisição de dados e redes de computadores, que fazem com que a *natureza competitiva da indústria* de hoje obrigue as fábricas a avançar na implementação de metodologias de alta tecnologia.

O crescente uso de sensores inteligentes e máquinas em rede resultará na geração contínua de alto volume de dados, conhecidos como Big Data. Em tal ambiente, o CPS

¹⁷ LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, v. 3, p. 18-23, 2015.

pode ser desenvolvido para gerenciar o Big Data e alavancar a interconectividade das máquinas para alcançar o objetivo de máquinas inteligentes, resistentes e auto adaptáveis.

Além disso, as indústrias 4.0 têm potencial econômico significativo, segundo um relatório conjunto de institutos alemães afirma que o PIB daquele país pode ser impulsionado em 267 bilhões de euros até 2025 após a introdução da Indústria 4.0. Apenas a título ilustrativo, reproduzo abaixo um quadro comparativo entre os componentes utilizados, máquinas e sistema de produção da indústria tradicional e da 4.0.

	Fonte de dados	Indústria tradicional		Indústria 4.0	
		Atributos	Tecnologia	Atributos	Tecnologia
Componente	Sensor	Precisão	Sensores inteligentes e detectores de falhas	Auto previsão	Monitoramento de degradação e previsão de vida útil restante
Máquina	Operador	desempenho produtivo	Monitoramento e diagnóstico baseado em condições	Auto previsão Auto comparação	Monitoramento preventivo constante
Sistema de produção	Rede de sistemas	Produtividade e OEE ¹⁸	Redução de resíduos	Auto configuração; manutenção e organização	Sem preocupação com a produtividade

Algumas indústrias alemãs já possuem plantas em funcionamento, seja a título definitivo ou como programa piloto. Temos o exemplo da Bosch e da Volkswagen que ilustram muito bem as características da indústria 4.0 aqui estudadas.

Os riscos das novas tecnologias

Entendendo o conceito de risco (ISO 31000) como sendo o efeito da incerteza nos objetivos, sendo que a incerteza é entendida como o estado, mesmo que parcial, da deficiência das informações relacionadas a um evento, sua compreensão, seu conhecimento, sua consequência ou sua probabilidade. Tomando este conceito como adequado aos riscos das tecnologias emergentes, passamos a questão: Quais os riscos – as possibilidades de dar errado – que corremos com as novas tecnologias?

Segundo um estudo da OCDE (MILLER, Riel et al, 1998) três riscos potenciais podem ser identificados com o avanço das novas tecnologias. O primeiro risco apontado, considera que as novas tecnologias possuem um potencial destrutivo muito grande e difícil de controlar, representando uma ameaça ao ser humano e ao meio ambiente. Esta ameaça pode ser efetivada por um acidente ou mau uso da tecnologia:

[...] por acidente ou por má vontade, os avanços e a difusão da engenharia genética podem dar origem a doenças não intencionadas ou imprevistas; vulnerabilidades ecológicas e armas de destruição em massa. A dependência de computadores, redes [de comunicação] e de softwares poderia deixar partes críticas dos sistemas de apoio à vida da sociedade, desde centrais nucleares e sistemas médicos até instalações de segurança e de tratamento de água e esgoto, abertos tanto para acidentes imprevistos e catastróficos; como para ataques intencionais. (MILLER, Riel et al, 1998, p. 14, *tradução nossa*).

¹⁸ OEE – Overall Equipment Effectiveness / Cálculo de eficiência da planta e integração de sistemas.

Na perspectiva do mundo do trabalho, lembramos que a nanotecnologia está em fase plena de desenvolvimento, entretanto, o conhecimento concreto dos riscos à saúde e das questões de segurança, tanto para o consumidor, quanto para o trabalhador ainda não têm uma grande ênfase. A falta de informação, a velocidade de desenvolvimento e a complexidade das mudanças tecnológicas poderá dificultar o encontro de profissionais capazes de fazer análise de projetos de novas instalações, métodos ou processos do trabalho ou de modificação dos já existentes, visando identificar os riscos potenciais e a adoção de medidas de proteção para sua redução ou eliminação.

O segundo risco identificado advém da característica sistêmica desta quarta fase de desenvolvimento tecnológico, o impacto sistêmico, que em grande parte está relacionado à integração em rede, o que pode proporcionar a vulnerabilidade de sistemas integrados como o controle de tráfego aéreo. Algumas pessoas temem ainda que o mundo se torne mais diversificado, descentralizado e dependente das tecnologias. Enfim, há um grande risco de falta de controle destas redes integradas.

O terceiro risco apontado está relacionado com valores éticos e ideológicos, pois acredita-se que o desenvolvimento de tecnologias como a clonagem humana e a inteligência artificial tragam desafios frente aos valores éticos e padrões sociais vigentes. Imaginemos que, através das nano-biotecnologias, seja possível identificar as potencialidades de funcionário que se deseja contratar, entretanto, isto também pode ser usado para justificar a exclusão de pessoas e criação de ideologias separatistas.

Riscos e princípio da precaução

Antes de falarmos sobre a precarização social do trabalho quero colocar uma posição em relação ao conceito de risco diante da nanotecnologia e ao princípio da precaução. Como muitos já devem ter percebido no decorrer das aulas deste curso os estudos toxicológicos não são conclusivos, ou seja, ainda não possuem uma homogeneidade em suas conclusões, ao passo que, a criação e as aplicações de diferentes materiais em nanoescala avançam exponencialmente. Esse contexto gera incertezas e ambiguidades em relação à nanotecnologia, contudo, vale afirmar que se trata de uma característica das tecnologias emergentes, como vimos no início desta aula.

Deve-se notar que os pressupostos utilizados na avaliação de riscos¹⁹ nos estágios iniciais da maioria das tecnologias emergentes são projetados para serem protetores (princípio de precaução) e enfatizar problemas potenciais [altamente previsíveis] para que mais atenção seja focada na gestão ou mitigação desses riscos. À medida que a tecnologia avança através do ciclo de vida dos produtos, e no nosso caso em especial dos processos e da organização do trabalho, mais dados ficam disponíveis e, assim, os pressupostos utilizados na avaliação de risco tornam-se mais realistas²⁰.

Certamente, as novas tecnologias oportunizam novos riscos. No entanto, existem imensos desafios e oportunidades para a compreensão de sistemas complexos e

¹⁹ o efeito da incerteza nos objetivos, sendo que a incerteza é entendida como o estado, mesmo que parcial, da deficiência das informações relacionadas a um evento, sua compreensão, seu conhecimento, sua consequência ou sua probabilidade – ISO 31000

²⁰ LUTZ, Charles; STEEVENS, Jeffery A. (Ed.). Nanomaterials: risks and benefits. Springer Science & Business Media, 2008.

emergentes, considerando às necessidades humanas com menores custos a saúde e menores danos ao meio ambiente. Este pode ser a aplicação de um princípio ético deontológico na avaliação da ciência e suas aplicações²¹.

Este debate sobre o conceito de risco e o princípio da precaução aplicado à nanotecnologia compõe um campo de estudo novo para a filosofia, a nano-ética, e é algo que necessitaria várias aulas e ainda assim não se chegaria a um consenso. Abaixo, mostramos algumas definições do princípio da precaução que, apesar das divergências linguísticas e de entendimento, apresentam muitos elementos-chave em comum. Existe um compartilhamento de informações em comum entre os cientistas e formuladores de políticas públicas sobre o princípio da precaução e entre elas está a assertiva de que se aplica o princípio da precaução quando existem consideráveis incertezas científicas sobre a causalidade, magnitude, probabilidade e natureza do dano. Entretanto, apesar de falarmos sobre riscos na quarta revolução industrial, esta nossa aula se concentrará na elucidação dos impactos sociais e éticos sem considerar uma discussão conceitual sobre riscos e princípio da precaução.

Definições do princípio da precaução		
Fonte	Definição	Ação obrigatória/opcional
Declaração de Londres (Segunda Conferência Internacional de Proteção do Atlântico Norte – 1987)	[...] para proteger o Mar do Norte de possíveis efeitos prejudiciais de substâncias perigosas, uma abordagem preventiva é necessária, o que pode exigir uma ação para controlar a entrada de tais substâncias mesmo antes de uma ligação causal ter sido estabelecida por evidências científicas absolutamente claras.	É necessário esclarecer termos como “pode exigir uma ação”; “antes... absolutamente claras... evidências”.
Rio 92 (Nações Unidas – 1992)	[...] no sentido de proteger o meio ambiente, uma abordagem preventiva deve ser amplamente adotada pelos países de acordo com suas capacidades. Sempre que houver ameaças de danos graves ou irreversíveis, a falta de certeza científica não deve ser utilizada como motivo de adiamento de medidas de custo efetivo para prevenir a degradação ambiental.	É necessário esclarecer termos como “países de acordo com suas capacidades” e; “adiamento de medidas de custo efetivo”.
União Europeia (Comunicação sobre o Princípio da Precaução – 2000)	[...] o princípio da precaução aplica-se quando a evidência científica é insuficiente, inconclusiva ou incerta e a avaliação científica preliminar indica que há motivos razoáveis para a preocupação de que os efeitos potencialmente perigosos sobre o meio ambiente, à saúde humana, à fauna ou à flora podem ser inconsistentes com o alto nível de proteção escolhida pela União Europeia.	Requer intervenção para manter o alto nível de proteção escolhido pela União Europeia.

As inovações tecnológicas

Outra discussão pertinente à ética é o questionamento de como as identidades humanas, ideologias, normas e valores serão reformados dentro desta nova realidade tecnológica. E ainda, na perspectiva específica do mundo do trabalho, quais e como se darão as reformas estruturais e organizacionais neste espectro social.

²¹ COMEST, Unesco. The precautionary principle. World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, 2005.

Os questionamentos apresentados trazem à tona temas éticos e morais, além da *práxis* das políticas públicas para o mundo do trabalho. Neste momento, não abordaremos estes temas até pelo motivo de que uma aula sobre o assunto não daria conta da complexidade que caracteriza as vidas humanas.

Entretanto, julgamos necessário conceituar o que se entende por *inovação tecnológica* e qual a sua tipologia, para que quando essa discussão for levada a cabo, não tenhamos uma discussão vaga ou de uma amplitude desconexa.

Segundo o IBGE (2015), *inovação tecnológica* pode ser definida como a “*introdução no mercado de um produto (bem ou serviço) que seja novo ou substancialmente aprimorado pelo menos para a empresa, ou pela introdução na empresa de um processo que seja novo ou substancialmente aprimorado pelo menos para a empresa*”. Considerando este conceito podemos traçar uma tipologia, consistindo em:

- I. **Atividades inovativas** – referem-se aos esforços empreendidos pela empresa no desenvolvimento e implementação de produtos (bens ou serviços) e processos novos ou aperfeiçoados. A pesquisa procura mensurar estes esforços por meio de uma escala de importância para a empresa e em termos monetários, através de estimativa dos dispêndios nestas atividades;
- II. **Inovação organizacional** – compreende a implementação de novas técnicas de gestão ou de significativas mudanças na organização do trabalho e nas relações externas da empresa;
- III. **Inovação de marketing** – consiste na implementação de novas estratégias ou conceitos de marketing ou de mudanças significativas na estética, desenho ou embalagem dos produtos, sem modificar suas características funcionais e de uso.

Tecnologia e precarização social do trabalho

Cada passo dado na introdução da automatização contemporânea, baseada nos microprocessadores, foi uma oportunidade para destruir as formas anteriores de relações contratuais, e também os meios inventados pelos operários, com base em técnicas de produção estabilizadas, para resistir à exploração no local de trabalho [...] François Chesnais.

O impacto social da nanotecnologia no mundo do trabalho pode advir de uma aplicação direta dessa tecnologia, ou seja, de um sofrimento ocasionado através de uma doença ocupacional em razão de uma exposição direta e acidental de trabalhadores a nanopartículas ou materiais durante o processo de fabricação ou manipulação. E ainda se considerarmos a sociedade de um modo geral e não apenas o mundo do trabalho, o impacto social pode ser originado na utilização desta tecnologia em armas de destruição em massa, a exemplo da MOAB – Massive Ordnance Air Blast (a mãe de todas as bombas) que utiliza esta tecnologia ou de uma má aplicação ou utilização inconsequente em produtos destinados ao mercado consumidor: como pesticidas ou fertilizantes, produtos alimentícios, cosméticos ou medicamentos. Em todos os casos, podem ocorrer danos à saúde das pessoas e/ou ao meio ambiente, impactando toda sociedade.

Entretanto, voltando ao nosso foco, o mundo do trabalho, se faz necessário ainda determinar dentro deste espectro social o lócus de nossa discussão, o qual para este momento, adotaremos como sendo os impactos sociais pelo prisma da precarização social do trabalho.

Amélie é uma garota francesa de 24 anos de idade, moradora da região sul de Paris. Ela é graduada em ciências da computação, um setor profissional e de

estudos dominado por homens. Depois de obter seu diploma de mestrado, ela passou a procurar um emprego no setor de TI. Depois de dois anos ela estava extremamente desapontada, pois apesar de possuir um diploma de nível superior, ela tinha acesso apenas a subempregos ou empregos mal remunerados (trainee), empregos temporários ou sem vínculo empregatício. Como mulher, ela se sentiu discriminada durante os procedimentos de recrutamento. Por exemplo, quando os recrutadores perguntavam se ela queria ter filhos, quando e quantos. Agora ela está muito preocupada com sua situação, pois depende do namorado para sobreviver financeiramente. Há um ano atrás, sem perspectivas em vista, ela decidiu mudar de profissão e se tornar uma professora de escola pública. Agora ela está se preparando para conseguir um emprego público, mas continua preocupada em razão dos recentes cortes no setor e sobre a existência ou não de postos de trabalho. (MCKAY, 2012, *tradução nossa*)

O trabalho precário pode ser conceituado em oposição ao trabalho decente conforme preconiza a OIT (MTE, 2006, p.5 *apud* Druck, 2011) que aponta o trabalho decente como um *trabalho produtivo, adequadamente remunerado, exercido em condições de liberdade, equidade, segurança, sem quaisquer formas de discriminação e, capaz de garantir uma vida digna a todas as pessoas que vivem dele*. Entretanto, a precarização social do trabalho é um fenômeno amplo e complexo, em constante mutação, no sentido de que, dentro de suas dimensões surgem e ressurgem novos e antigos desafios.

Ressaltamos que o trabalho precário possui diversas dimensões, entre elas: as formas de inserção e de contrato; a informalidade, a terceirização, a desregulamentação e flexibilização da legislação trabalhista, o desemprego, o adoecimento, os acidentes de trabalho, a perda salarial e a fragilidade da representação sindical. Isto relaciona a classe-que-vive-do-trabalho e os diversos locais onde a precarização se manifesta. Ademais, a destarte de qualquer proposta de análise apresentada, é interessante saber que existem dimensões convergentes nas formas precárias de trabalho e de emprego caracterizadas por:

- I. Estruturação ou desestruturação do mercado de trabalho;
- II. O papel do Estado e sua proteção social;
- III. Práticas de gestão e organização do trabalho;
- IV. Questão sindical e sua representação.

Considerando estes fatores, a precarização social do trabalho pode ser compreendida como *um processo em que se instala – econômico, social e politicamente – uma institucionalização da flexibilização e da precarização moderna do trabalho, que renova e reconfigura a precarização histórica e estrutural do trabalho no Brasil, agora justificada pela necessidade de adaptação aos novos tempos globais* (DRUCK, 2012).

Para entender melhor este fenômeno, vamos ver uma proposição de tipologia da precarização social do trabalho que está intimamente ligada a aquelas dimensões convergentes apresentadas no parágrafo anterior, são elas (DRUCK, 2012):

- I. Vulnerabilidade das formas de inserção e desigualdades sociais;
- II. Intensificação do trabalho e terceirização;
- III. Insegurança no trabalho e vulnerabilidade da saúde do trabalhador;
- IV. Perda das identidades individual e coletiva;
- V. Fragilização da organização dos trabalhadores;
- VI. A condenação e o descarte do Direito do Trabalho.

Vulnerabilidade das formas de inserção

Vamos nos concentrar nas três primeiras formas para demonstrar os impactos das novas tecnologias sobre a precarização social do trabalho. Em primeiro lugar, considerando a vulnerabilidade das formas de inserção e as desigualdades sociais a que se notar que enfrentamos velhos desafios, por exemplo, quando vemos a diferença salarial entre homens e mulheres. No exemplo que iniciamos este tópico contamos a história de Amélie, garota francesa, de 24 anos, com formação de mestrado em uma área promissora e tecnologicamente inovadora: ciência da computação. Entretanto, uma área dominada por homens. A tecnologia não lhe garantiu a superação de um antigo desafio: a desigualdade entre homens e mulheres no mercado de trabalho. Além de não lhe garantir a superação de um antigo problema, também lhe trouxe um novo, a dificuldade de inserção ou a inserção precária no mercado de trabalho através de contratos temporários, sazonais ou de trainee, que não lhe garantem a proteção social necessária para se desenvolver. Como consequência, foi levada a um mercado de trabalho, historicamente mal remunerado e predominantemente feminino: professora de escola pública. Além de permanecer na dependência da figura masculina para sua subsistência (namorado).

Esta realidade francesa aferida na situação de Amélie é também uma realidade brasileira, onde jovens, mulheres e negros estão entre aqueles que são mais vulneráveis no momento da inserção no mercado de trabalho.

[...] em 2009, permanece um alto nível de desigualdade e de discriminação no mercado de trabalho, especialmente em relação às mulheres, aos negros e aos jovens, que continuam os segmentos mais precários de todos os trabalhadores. A taxa de desemprego das mulheres era de 11,1% contra 8,3% da dos homens; o desemprego dos jovens negros era de 18,8% e dos jovens brancos de 16,5%. Além dessa desigualdade étnica e de gênero, há também uma brutal diferença geracional, pois a situação de desemprego dos jovens é a mais grave de todas (DRUCK, 2012, p. 46).

Intensificação do trabalho

Até a metade do século XX, acreditava-se que a tecnologia faria com que o homem trabalhasse menos e conquistasse certa qualidade de vida. Entretanto, o que se tem notado é a intensificação do trabalho e a terceirização. A intensificação do trabalho se dá pela imposição de metas inalcançáveis, extensão de jornada de trabalho que pode estar ligada ao desenvolvimento tecnológico dos meios de comunicação móveis e a integração em rede que permite o trabalho remoto, por exemplo. Até metade do século XX, o trabalhador tinha em média três trabalhos durante toda sua vida, hoje ele pode ter dezenas, e muitos ao mesmo tempo. Adiciona-se aqui a questão da polivalência, onde o trabalhador tem que desempenhar diversas funções. Segundo Druck (2012, p. 46) esta situação é sustentada na gestão pelo medo, na discriminação criada pela terceirização, que tem se propagado de forma epidêmica, e nas formas de abuso de poder, através do assédio moral, que tem sido amplamente denunciado e objeto de processos na Justiça do Trabalho e de queixas no Ministério Público do Trabalho.

Uma pesquisa pela Federação dos Professores do Estado de São Paulo - FEPESP e do instituto Datafolha intitulada “Uso de Tecnologia Dentro e Fora de Salas de Aula”, ouviu professores do ensino superior em 2016 no Estado de São Paulo e aferiu que no:

[...] no ensino superior privado de São Paulo, a maioria dos professores fica ligado “24 horas por dia” e não é pago por isso. O ensino a distância aumenta

o alcance, mas não resolve dúvidas do estudante; e o tutor deve ter a mesma formação do professor na matéria (FEPESP, 2016).

Insegurança do trabalho e vulnerabilidade da saúde do trabalhador

Uma das características deste momento chamado de Quarta Revolução Industrial é a profundidade e amplitude dos seus impactos que é proporcionada pela interligação em rede, influenciando no “como” e “com que” produzimos. A interligação em rede possibilita também a terceirização, inclusive a sua forma conhecida como *International Outsourcing* (terceirização internacional). A terceirização quando não devidamente regulamentada, pode implicar em redução de salários e da proteção social. Citamos aqui um caso específico sobre *International Outsourcing*, onde um dos efeitos imediatos foi a defasagem salarial:

Devido ao crescimento da terceirização internacional da produção, o efeito da terceirização internacional sobre os salários tornou-se uma importante questão política. Por exemplo, em março de 1996, funcionários da General Motors (de uma fábrica em Ohio) entraram em greve para protestar contra o aumento da terceirização da produção para países de baixa renda. Em outubro de 1995, os funcionários da Boeing (em Kansas, Washington e Oregon) entraram em greve para protestar contra o compromisso da Boeing de terceirizar metade do valor [de produção] de jatos médios, principalmente para a China. (GLASS e SAGGI, 200, *tradução nossa*).

Assim, chegamos à terceira forma de precarização que é a insegurança no trabalho e vulnerabilidade da saúde do trabalhador. A tecnologia em si não garante um bem estar ao trabalhador, como dissemos acima. E pensando efetivamente no emprego em casos concretos, a intensificação do trabalho pode gerar uma maior exposição aos riscos ambientais e a novos riscos ainda desconhecidos, aumentando a prevalência e ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais.

O Japão é o décimo sexto país no Ranking Global da Inovação Tecnológica (2016), entretanto ainda tem um grande número de suicídios em razão de fadiga por excesso de trabalho, conhecido como *karojisatsu*. Em abril 2015, Matsuri Takahashi, uma jovem de 24 anos recém graduada na Universidade de Tokyo, ingressou em uma gigante japonesa de publicidade. Ela foi lotada na divisão anúncios pela internet. Depois de seis meses a empresa reduziu o número de funcionários daquele setor de quatorze para seis. Matsuri passou a trabalhar quase 100 horas extras por mês. Através de uma rede social a garota desabafou sobre o seu trabalho e o assédio que sofria do seu chefe imediato, dizendo: “Eles decidiram que eu devo trabalhar aos sábados e aos domingos”. E enquanto isso o chefe dela dizia: “Esta sua cara de sono mostra que você é incapaz de gerenciar seu trabalho” ou “Você não é feminina!”. Na manhã de natal daquele mesmo ano, oito meses depois de ingressar na empresa, Matsuri suicidou-se.

Segundo a pesquisadora Hirata (2016, p. 16):

No Japão, conforme relatado em The Daily Yomiuri, em 6/3/2011, estatísticas oficiais do governo japonês da National Police Agency mostraram aumento do “karojisatsu” (suicídio por excesso de trabalho) e do “karoshi” (morte por excesso de trabalho, regulamentada entre as doenças profissionais em 1989) (AMAGASA et al., 2005). O “karojisatsu” bateu o record em 2010, décimo terceiro ano desde que se iniciou essa série estatística sobre causas dos suicídios (cf. publicado em Yomiuri Shinbun em 4/3/2011). As duas mais importantes razões entre as causas identificadas são problemas de saúde e problemas econômicos (“não encontra trabalho”), mas 710 casos são explicitamente relacionados ao excesso de fadiga, 587 casos às relações

pessoais no local de trabalho, 478 casos a erros cometidos no trabalho. As três últimas causas totalizam 1.775 suicídios, quase 150 por mês, bem superior às estimativas dos suicídios relacionados ao trabalho na França (mas, no caso desse país, a população economicamente ativa é menor).

O país que lidera o Ranking Global da Inovação Tecnológica, a suíça, também apresenta problemas com a intensificação do trabalho dos profissionais de saúde. Médicos suíços tem sofrido esgotamento em razão de reformas nos sistemas de saúde que atingem a autonomia, o prestígio e os ganhos salariais. Isto tem ocasionado esgotamento e depressão (ARIGONI; BOVIER; SAPPINO, 2010).

Considerações finais

A destruição do passado — ou melhor, dos mecanismos sociais que vinculam nossa experiência pessoal à das gerações passadas — é um dos fenômenos mais característicos e lúgubres do final do século XX. Quase todos os jovens de hoje crescem numa espécie de presente contínuo, sem qualquer relação orgânica com o passado público da época em que vivem [...] (Hobsbawn, 1995, p. 10)

O Brasil vive este momento de inovação, a Pesquisa de Inovação do IBGE (PINTEC) de 2014 (2016) mostrou que 3,4% das empresas inovadoras em 2014 engajaram-se em atividades da biotecnologia na indústria de produção de bens, eletricidade e gás e no setor de serviços. Em relação à nanotecnologia, este percentual foi de 1,8% das empresas inovadoras. 2.583 empresas declararam ter realizado alguma atividade relacionada ao uso, produção, pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia; ao passo que 975 empresas declararam desenvolver estas atividades com nanotecnologia.

Deste modo, se por um lado registra-se um aumento de 41,9% no número de empresas com atividades em biotecnologia, por outro, nota-se uma queda de 13,8% no número de empresas com atividades em nanotecnologia em relação ao período de pesquisa anterior (2011). No setor de serviços, as empresas que responderam realizar atividades em nanotecnologia concentraram-se principalmente no setor de telecomunicações; serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas; pesquisa e desenvolvimento. Neste setor de telecomunicações, todas as nove empresas inovadoras pesquisadas foram usuárias finais de nanotecnologia.

A queda no investimento em nanotecnologia no Brasil pode ser um reflexo de incertezas econômicas e políticas que fizeram com que a indústria nacional aposte em uma produção tradicional de bens. Entretanto, isto não significa um ponto final nessa história, pois muitos produtos importados, entre eles, medicamentos e cosméticos que usam materiais em nanoescala são vendidos no Brasil. E este fato, em algum momento, pode forçar a indústria nacional a ter uma produção local ou mesmo importar a matéria-prima em nanoescala. E é por esta razão que devemos nos preocupar em ter uma regulamentação e um sistema de informação sobre nano-materiais para evitar ou minimizar os riscos na produção e manipulação destes produtos.

E aqui tentaremos responder a primeira questão que se põe como um dilema ético. É possível afirmar que estas novas tecnologias - em especial a nanotecnologia - gerarão uma mudança de valores [impacto ético] nos grupos de trabalhadores e empregadores? Hobsbawn afirma que os jovens hoje vivem em um presente contínuo, ou seja, eles enxergam tão somente os efeitos imediatos. Eu discordo deste autor no fato de que não são apenas os jovens, mas todos, jovens, adultos, homens e mulheres. A tecnologia da

comunicação criou um imediatismo nas pessoas que as impede de ver um prejuízo futuro seja a sua saúde ou ao meio ambiente.

Quando pensamos em criar limites a uma tecnologia em um país com milhões de desempregados e uma população economicamente ativa que não possui as qualificações necessárias para assumir postos tecnologicamente avançados, podemos ficar tentados a regulamentar de forma tão conservadora que impediria o avanço tecnológico e geraria um atraso. Por outro lado, diante de uma propaganda incentivadora da indústria sobre o uso da tecnologia e seus benefícios, podemos ser tentados a relaxar a nossa atenção sobre a regulamentação permitindo uma produção e consumo desenfreado em troca de benefícios imediatos como mais empregos, salários tentadores; à custa de direitos sociais e contratações precárias que, em longo prazo, poderão ocasionar o recrudescimento de acidentes e doenças ocupacionais, aumento da desigualdade e danos ao meio ambiente.

Este é o dilema, que princípio ético utilizaremos para criar limites ao avanço da tecnologia sem podar o seu desenvolvimento, e ao mesmo tempo, preservando os seres humanos e o meio ambiente. Sem aceitar benefícios imediatos, em detrimento de prejuízos futuros para as pessoas e para o Estado. A ética utilitarista que dominou durante a primeira e segunda fase da revolução industrial não parece ser razoável neste momento em que vivemos. Já que maximizar os benefícios pode ser compreendido como gerar riqueza, criando empregos e produzindo em massa e os malefícios podem ser expressado em números inexpressivos diante da multidão.

Quanto aos impactos sociais, o caso da jovem francesa Amélie, da japonesa Matsuri, e das empresas citadas não podem ser vistos pelos brasileiros como algo distante. Eles demonstram um impacto sistêmico das novas tecnologias – em especial da nanotecnologia – na organização e estrutura do mundo do trabalho e enseja estudos que verifique as consequências para segurança e saúde do trabalhador, considerando toda a complexidade social, não se restringindo apenas a aspectos técnicos e científicos dos materiais. Enfim, considerando que o impacto das novas tecnologias diante do fenômeno da precarização social do trabalho é tão abrangente, profundo e rápido quanto a fase de inovações que estamos vivendo.

Bibliografia

AMAGASA, Takashi; NAKAYAMA, Takeo; TAKAHASHI, Yoshitomo. Karojisatsu in Japan: characteristics of 22 cases of work-related suicide. *Journal of occupational health*, v. 47, n. 2, p. 157-164, 2005.

ARIGONI, Flavia; BOVIER, Patrick A.; SAPPINO, André-Pascal. Trend of burnout among Swiss doctors. *Swiss Med Wkly*, v. 140, p. w13070, 2010.

BLOEM, Jaap et al. The Fourth Industrial Revolution: Things to Tighten the Link Between IT and OT. SOGETI, 2014. Disponível em: <https://www.sogeti.com/globalassets/global/special/sogeti-things3en.pdf>. Acessado em: 18 jan. 2017.

COMEST, Unesco. The precautionary principle. World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, 2005.

COMISSÃO EUROPEIA (EC). Nanotecnologias: inovações para o mundo de amanhã. Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 2004.

DRUCK, Graça. Trabalho, precarização e resistências: novos e velhos desafios? *Caderno CRH*, v. 24, n. 1, 2012.

DUTTA, Soumitra; LANVIN, Bruno; WUNSCH-VINCENT, Sacha. The global innovation index 2016: Winning with global innovation. WIPO, 2016.

- FEPEESP. Aumento de trabalho sem remuneração. 2016. Disponível em: <<http://www.sinpro-abc.org.br/index.php/component/content/article/58-geral/2338-aumento-de-trabalho-sem-remuneracao.html>>. Acesso em: 19 jan. 2017.
- FEYNMAN, Richard P. There's plenty of room at the bottom. *Engineering and science*, v. 23, n. 5, p. 22-36, 1960.
- GLASS, Amy Jocelyn; SAGGI, Kamal. Innovation and wage effects of international outsourcing. *European Economic Review*, v. 45, n. 1, p. 67-86, 2001.
- HIRATA, Helena. Trabalho, gênero e dinâmicas internacionais. *Revista da ABET*, 2016.
- IBGE. Manual de Pesquisa de Inovação PINTEC – 2014. (2015). Disponível em: <[http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/METODOLOGIA/Manual de Instrucoes para Preenchimento do Questionario/ManualdeinstrucaoPINTEC2014vfinal09022015.pdf](http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/METODOLOGIA/Manual%20de%20Instrucoes%20para%20Preenchimento%20do%20Questionario/ManualdeinstrucaoPINTEC2014vfinal09022015.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2017.
- _____. Pesquisa de inovação - 2014. (2016). Disponível em: <[http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/PUBLICAÇÃO PINTEC 2014.pdf](http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/PUBLICAÇÃO%20PINTEC%202014.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2017.
- KEYNES, John Maynard. Economic possibilities for our grandchildren. In: *Essays in persuasion*. Palgrave Macmillan UK, 2010. p. 321-332.
- KLAUS, Schwab. A quarta revolução industrial. Trad. Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.
- _____. The Fourth Industrial Revolution. In: *World Economic Forum (January 11, 2016)*. Disponível em: <http://cormolenaar.nl/wp-content/uploads/2016/04/The-fourth-industrial-revolution.pdf>. Acessado em: 18 jan. 2017.
- KLAUS, Schwab. The Fourth Industrial Revolution. In: *World Economic Forum (January 11, 2016)*. Disponível em: <http://cormolenaar.nl/wp-content/uploads/2016/04/The-fourth-industrial-revolution.pdf>. Acessado em: 18 jan. 2017.
- LEE, Edward A. Cyber physical systems: Design challenges. In: *Object oriented real-time distributed computing (isorc), 2008 11th ieee international symposium on*. IEEE, 2008. p. 363-369.
- LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, v. 3, p. 18-23, 2015.
- LUTZ, Charles; STEEVENS, Jeffery A. (Ed.). *Nanomaterials: risks and benefits*. Springer Science & Business Media, 2008.
- MARX, Karl. *Capital: a critique of political economy*. Vol. I. Translated by Samuel Moore and Edward Aveling. Chicago: Charles H. Kerr & Company, 1909.
- MCKAY, Sonia et al. Study on precarious work and social rights. Working Lives Research Institute, London Metropolitan University, 2012.
- MILLER, Riel et al. The promises and perils of 21st century technology: An overview of the issues. OECD, 1998.
- MOORE, Gordon E. Cramming more components onto integrated circuits. *Proceedings of the IEEE*, v. 86, n. 1, p. 82-85, 1998.
- MORE, Thomas. *Utopia*. Tradução de Anah de Melo Franco. Brasília: Editora UNB, 2004.
- OHNO, Taiichi. *O sistema Toyota de produção além da produção*. São Paulo: Bookman, 1997.
- PAULA, João Antonio de; CERQUEIRA, H. E. A. G.; ALBUQUERQUE, E. da M. *Ciência e tecnologia na dinâmica capitalista: a elaboração neo-schumpeteriana e a teoria do capital*. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2001.
- POCHMANN, Marcio. O trabalho em três tempos. *Ciência e Cultura*, v. 58, n. 4, p. 29-31, 2006.
- ROCO, Mihail C.; BAINBRIDGE, William Sims. Overview Converging Technologies for Improving Human Performance. In: *Converging technologies for improving human performance*. Springer Netherlands, 2003. p. 1-27.
- ROSENBERG, Nathan. *Perspectives on technology*. CUP Archive, 1976.
- ROTOLO, Daniele; HICKS, Diana; MARTIN, Ben R. What is an emerging technology? *Research Policy*, v. 44, n. 10, p. 1827-1843, 2015.

SHUTTLEWORTH, James Phillips Kay. *The Moral and Physical Condition of the Working Classes Employed in the Cotton Manufacture in Manchester*. Enlarged: and Containing an Introductory Letter to the Rev. Thomas Chalmers, Etc. James Ridgway, 1832.

THEBAUD-MONY, Annie. Precarização social do trabalho e resistências para a (re) conquista dos direitos dos trabalhadores na França. *Caderno CRH*, Salvador, v. 24, p. 23-35, 2011.

URE, Andrew. *The Philosophy of Manufactures; or, An Exposition of the Scientific, Moral, and Commercial Economy of the Factory System of Great Britain*. C. Knight, 1835.

WEBER, Max. *Ciência e política: duas vocações*. 12. Ed. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octany Silveira da Mota. São Paulo: Editora Cultrix, 2004.

WHATMORE, Roger W. Nanotechnology—what is it? Should we be worried?. *Occupational Medicine*, v. 56, n. 5, p. 295-299, 2006.