



TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 658

***GENERAL PURPOSE TECHNOLOGIES:
UMA PROPOSTA TEÓRICA PARA A LEITURA DA WORLD WIDE WEB***

**Sahra Ferreira Pinheiro
Márcia Siqueira Rapini
Leonardo Costa Ribeiro**

Julho de 2023

Universidade Federal de Minas Gerais

Sandra Regina Goulart Almeida (Reitora)
Alessandro Fernandes Moreira (Vice-Reitor)

Faculdade de Ciências Econômicas

Kely César Martins de Paiva (Diretora)
Anderson Tadeu Marques Cavalcante (Vice-Diretor)

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar)

Frederico Gonzaga Jayme Jr (Diretor)
Gustavo de Britto Rocha (Vice-Diretor)

Laura Rodríguez Wong (Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Demografia)

Rafael Saulo Marques Ribeiro (Coordenador do Programa de Pós-graduação em Economia)

Ana Paula de Andrade Verona (Chefe do Departamento de Demografia)

Ulisses Pereira dos Santos (Chefe do Departamento de Ciências Econômicas)

Editores da série de Textos para Discussão

Aline Souza Magalhães (Economia)
Adriana de Miranda-Ribeiro (Demografia)

Secretaria Geral do Cedeplar

Maristela Dória (Secretária-Geral)
Simone Basques Sette dos Reis (Editoração)

<http://www.cedeplar.ufmg.br>

Textos para Discussão

A série de Textos para Discussão divulga resultados preliminares de estudos desenvolvidos no âmbito do Cedeplar, com o objetivo de compartilhar ideias e obter comentários e críticas da comunidade científica antes de seu envio para publicação final. Os Textos para Discussão do Cedeplar começaram a ser publicados em 1974 e têm se destacado pela diversidade de temas e áreas de pesquisa.

Ficha catalográfica

P657g Pinheiro, Sahra Ferreira.
2023 General purpose technologies : uma proposta teórica para a leitura da World Wide Web / Sahra Ferreira Pinheiro, Márcia Siqueira Rapini, Ribeiro, Leonardo Costa. - Belo Horizonte: UFMG / CEDEPLAR, 2023.
32 p. - (Texto para discussão, 658)
Inclui bibliografia.
ISSN 2318-2377
1. Tecnologia da informação. 2. Internet.
I. Rapini, Márcia Siqueira. II. Leonardo Costa Ribeiro . III. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. IV. Título. V. Série.
CDD:303.4833

Elaborado por Fabiana Pereira dos Santos CRB-6/2572

Biblioteca da FACE/UFMG. – AKR/095/2023

As opiniões contidas nesta publicação são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo necessariamente o ponto de vista do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), da Faculdade de Ciências Econômicas ou da Universidade Federal de Minas Gerais. É permitida a reprodução parcial deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções do texto completo ou para fins comerciais são expressamente proibidas.

Opinions expressed in this paper are those of the author(s) and do not necessarily reflect views of the publishers. The reproduction of parts of this paper or data therein is allowed if properly cited. Commercial and full text reproductions are strictly forbidden.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL

GENERAL PURPOSE TECHNOLOGIES:
UMA PROPOSTA TEÓRICA PARA A LEITURA DA WORLD WIDE WEB

Sahra Ferreira Pinheiro
(UFJF - sahra.ferreira@ufjf.br)

Márcia Siqueira Rapini
Cedeplar/UFMG - msrapini@cedeplar.ufmg.br

Leonardo Costa Ribeiro
Cedeplar/UFMG

CEDEPLAR/FACE/UFMG
BELO HORIZONTE
2023

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
2. GENERAL PURPOSE TECHNOLOGIES: UMA PROPOSTA TEÓRICA PARA A LEITURA DA WORLD WIDE WEB	7
3. WORLD WIDE WEB: ANTECEDENTES, CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTOS POSTERIORES ..	12
3.1. Antecedentes	13
3.2. A invenção: o processo	18
3.3. A difusão: o início.....	21
3.4. O surgimento de novas indústrias, setores de atividade e modelos de negócios: o caso da Google ..	25
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

RESUMO

A *World Wide Web* proporcionou um acesso fácil e intuitivo para todos os usuários que desejassem navegar na Internet, sendo, assim, popularizada. Este artigo apresenta a proposição de que a *World Wide Web* seja entendida como uma *General Purpose Technology*, ou seja, uma tecnologia de aplicação generalizada capaz de estimular a inovação nos mais variados setores da economia, bem como complementariedades inovativas, promovendo aumento de produtividade generalizado no sistema econômico. A difusão desse conjunto de novas tecnologias interrelacionadas se dá pelos numerosos mecanismos de interação e feedbacks retroalimentativos entre os diversos setores de atividades e trajetórias tecnológicas. O modelo de GPT, desenvolvido inicialmente por Bresnahan e Trajtenberg (1992 e 1995) determina que uma inovação radical, ao mostrar seu potencial de aplicabilidade generalizada e de lucratividade, atrai tanto novos empreendedores quanto o capital financeiro. Assim, a invenção da *World Wide Web*, na década de 1990, deu início a uma era marcada por uma rede mundial de informações disponível a qualquer indivíduo, à conectividade generalizada e a era das plataformas.

Palavra-chave: *World Wide Web, General Purpose Technology, conectividade.*

ABSTRACT

The *World Wide Web* provided easy and intuitive access for all users who wanted to browse the Internet, thus becoming popular. The present work proposes that the *World Wide Web* be understood as a *General Purpose Technology*, a technology of generalized application and capable of stimulating innovation in the most varied sectors of the economy, or innovative complementarities, ultimately promoting a generalized increase in productivity in the economic system. The diffusion of this set of new interrelated technologies takes place through the numerous mechanisms of interaction and feedback between the different sectors of activities and technological trajectories. The GPT model, initially developed by Bresnahan and Trajtenberg (1992 and 1995) determines that a radical innovation, by showing its generalized applicability and profitability potential, attracts both new entrepreneurs and financial capital. Thus, the invention of the *World Wide Web*, in the 1990s, ushered in an era marked by a worldwide network of information available to any individual, widespread connectivity and the age of platforms.

Key words: *World Wide Web, General Purpose Technology, connectivity.*

JEL Code: O30

INTRODUÇÃO

A fase atual do capitalismo global tem, frequentemente, ganhado denominações como “a era da informação”, “do capitalismo digital”, “do capitalismo de plataformas” ou “do *surveillance capitalism*” (ALBUQUERQUE, 2021, 2019; SRNICEK, 2017; ZUBOFF, 2019). Essa dinâmica digital está diretamente relacionada ao surgimento da Internet e, mais especificamente, à sua subsequente popularização e democratização de acesso, bem como ao seu uso comercial, permitido pela invenção da *World Wide Web* (WWW) no início da década de 1990 (BERNERS-LEE *et al.*, 1992; BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000; GILLIES E CAILLIAU, 2000; GREENSTEIN, 2015). Inicialmente pensada e criada para promover maior integração entre os cientistas das diversas instituições e universidades (CERN, 2020), potencializando o intercâmbio de conhecimento, essa invenção é resultado de um mundo em transformação, derivada de mudanças técnicas anteriores e em curso, que criaram as condições e a demanda para uma maior conectividade – em especial, em um contexto de revolução tecnológica das TICs e do paradigma tecno-econômico vigente da informação e telecomunicações (PEREZ, 2004). A disponibilização do uso livre da rede gerou profundas transformações na vida dos indivíduos e na economia mundial. De fato, na atualidade, o uso da rede é, a tal ponto, tão corriqueiro e parte integrante do funcionamento da sociedade, em seus mais variados aspectos, que pouco se questiona sobre sua origem e o modo pelo qual sua difusão causou e causa numerosas transformações significativas.

Um dos efeitos dessa transformação é o surgimento de novas mercadorias, como a busca na Internet, dando lugar à criação de novas empresas como a Google e novas formas de organização do mercado e consumo, exemplificadas por empresas como a Amazon. Novas formas de se relacionar entre os indivíduos e entre estes e o mercado. Ademais, essa nova tecnologia parece ditar a forma como se inova: novos desenvolvimentos que potencializam o uso da WWW e sendo, por sua, vez potencializados por ela. Assistimos nas últimas décadas às transformações das instituições para acompanhar o novo cenário imposto pela difusão da conectividade, como leis de regulação de conteúdo e acesso à informação. Assim, a inovação da WWW parece ter impactos nas esferas econômicas, institucionais e sociais (ALBUQUERQUE, 2021, 2019; SRNICEK, 2017; ZUBOFF, 2019; GREENSTEIN, 2015).

Atualmente, verifica-se a criação de oportunidades para novas invenções e inovações com o surgimento da *big data*, empresas como o Facebook, Google, Amazon etc., tem investido em tecnologias de inteligência artificial (AI) que decorrem do surgimento de um elevado volume de dados com crescimento exponencial e da necessidade de processá-los, criando novas formas de interação entre clientes e empresas, por exemplo. Além do mais, termos como Internet das coisas (IoT) e *Blockchains* se tornaram comuns em nossos dias (ALBUQUERQUE, 2021, 2019; GREENSTEIN, 2015; SRNICEK, 2017; ZUBOFF, 2019;).

A percepção de um aparente potencial transformador e indutor da dinâmica inovativa a partir do surgimento da WWW, bem como de seus efeitos e processos retroalimentativos com respeito aos aspectos econômicos, sociais e institucionais é o que justifica o objeto de análise deste artigo, que propõe apresentar a invenção da WWW e sua subsequente difusão, evocando os desenvolvimentos teóricos sobre inovações denominadas de *General Purpose Technology* (GPT). Ou seja, examinar a trajetória da WWW a luz da dinâmica de uma GPT, a partir de uma discussão teórica.

Ademais desta introdução o artigo possui mais 3 seções, a próxima se destina a apresentar, brevemente, os desenvolvimentos teóricos acerca das GPTs; a terceira se debruça sobre a WWW, seu surgimento e posterior difusão; a quarta e última seção conclui o trabalho.

2. GENERAL PURPOSE TECHNOLOGIES: UMA PROPOSTA TEÓRICA PARA A LEITURA DA WORLD WIDE WEB

O primeiro uso do termo *General Purpose Technology* (GPT) é atribuído aos textos de Bresnahan e Trajtenberg (1992 e 1995). A partir do reconhecimento de que, de uma perspectiva histórica, algumas poucas invenções parecem ter desempenhado um papel chave para a dinâmica capitalista¹, busca-se definir a natureza de tais tecnologias possuidoras do potencial para afetar o crescimento econômico ao longo de um prolongado período de tempo. Bresnahan (2010) argumenta que, de fato, a motivação original para a ideia de GPT, na análise econômica da mudança técnica, surgiu, em parte, da história do crescimento econômico quando do estudo de algumas tecnologias chaves – como o motor a vapor e a eletricidade – e da determinação de seu papel central no processo de crescimento. Ainda de acordo com Bresnahan (2010), para além dessa motivação, localizada na macroeconomia do crescimento, outras vieram em seguida, como a análise da microeconomia da mudança técnica, com foco na diferenciação entre inovações de diferentes tipos: “os incentivos e informações relacionados à invenção das próprias GPTs, por exemplo, podem diferir daqueles relacionados à invenção das aplicações” (BRESNAHAN, 2010, p.763). Ademais, outra motivação seria uma intersecção entre essas questões macro e micro, na tentativa de entender os links entre crescimento econômico, estruturas de incentivos e informacionais relacionadas à uma invenção particular e sua aplicação em setores e usos específicos.

Tecnologias classificadas como GPTs possuem três características conceituais chaves: generalidade, dinamismo tecnológico e complementariedades inovadoras (BRESNAHAN E TRAJTENBERG, 1995; LIPSEY, BEKAR e CARLAW, 1998; HELPMAN, 1998; BRESNAHAN, 2010). Tais características seriam as responsáveis por proporcionar aumentos de produtividade generalizados ao longo da economia, determinando, em última instância, o crescimento econômico. Ou seja, à medida que a GPT evolui e avança, se espalhando por toda a economia, promove o aumento de ganhos de produtividade generalizados (BRESNAHAN E TRAJTENBERG, 1995).

A generalidade trata da capacidade da tecnologia de dispor de aplicabilidade nos mais diversos e numerosos setores da economia (denominados setores de aplicação), ou apresentar disponibilidade para uso generalizado, ou ainda, capacidade de oferecer uma função genérica, (BRESNAHAN E TRAJTENBERG, 1995; ROSENBERG, 1998; LIPSEY, BEKAR e CARLAW, 1998; HELPMAN, 1998; BRESNAHAN, 2010). O motor elétrico, por exemplo, demonstrou aplicabilidade em máquinas industriais, carros, eletrodomésticos, entre outros. As GPTs com característica exacerbada de generalidade permitem inovações muito diversas nos setores de aplicação. O dinamismo tecnológico, por sua vez, se refere ao potencial que a GPT demonstra para suportar esforços inovadores e de aprendizagem contínuos, o que possibilita grandes elevações de eficiência da GPT ao longo do tempo,

¹ Os autores citam o motor a vapor, o sistema de fábricas, eletricidade e os semicondutores.

ou seja, sua capacidade de aprimoramento técnico contínuo (BRESNAHAN E TRAJTENBERG, 1995; LIPSEY, BEKAR E CARLAW, 1998; BRESNAHAN, 2010).

As complementariedades inovadoras se relacionam ao fenômeno da GPT desempenhar o papel de “*enabling technologies*”, possibilitando novas oportunidades, ao invés de oferecer soluções finais completas, ou seja, uma tecnologia que possibilita novas fontes de invenções e inovações nos setores de aplicação (BRESNAHAN E TRAJTENBERG, 1995; LIPSEY, BEKAR E CARLAW, 1998; BRESNAHAN, 2010). Dessa forma, a produtividade da atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em um setor de aplicação aumenta como consequência da inovação na tecnologia GPT. Assim, elevam-se os retornos às inovações em cada setor de aplicação e vice-versa, reduz-se o custo nos setores de aplicação e percebe-se melhorias na qualidade e variedade dos produtos dos setores etc. (BRESNAHAN, 2010). Essas complementariedades ampliam os efeitos da inovação na GPT e ajudam a propagá-los por toda a economia. Fazer com que o “conceito geral” funcione em qualquer situação específica requer maiores inovações complementares “e, geralmente, uma grande quantidade de ingenuidade” (BRESNAHAN E TRAJTENBERG, 1995). Paralelamente ao surgimento de novas aplicações, a GPT promove mudanças contínuas nos setores já existentes. De maneira mais geral, adaptar e adotar a GPT para diferentes setores é uma atividade inovadora.

Essas inovações complementares, segundo Bresnahan e Trajtenberg (1995), criam oportunidades e desafios para o crescimento via avanço técnico. As oportunidades derivam do desenvolvimento de aplicações ou usos da tecnologia GPT numa ampla variedade de setores, aumentando o retorno para novos avanços no próprio setor da GPT, que, por sua vez, são capazes de sofisticar a tecnologia inicial e levar a novas possibilidades de aplicações. Essa dinâmica de feedbacks positivos reforçariam uma rápida mudança técnica e o consequente crescimento econômico, via geração de ganhos de produtividade em todos os setores, e aprofundaria os efeitos da tecnologia inicial.

Já as dificuldades advindas da dinâmica das inovações complementares se traduziriam, segundo Bresnahan e Trajtenberg (1995), na dispersão dessas atividades ao longo de toda a economia, o que tornaria difícil a coordenação e a promoção dos incentivos inovativos adequados para os setores da GPT e os de aplicação. Essas dificuldades de coordenação resultariam das características essenciais do processo de criação de novos conhecimentos: incerteza, informação assimétrica, intervalos de tempo e sequencialidade. Portanto, a coordenação nesse contexto exigiria o alinhamento dos incentivos dos agentes localizados longe um do outro ao longo do tempo e nas dimensões da tecnologia. Como as GPTs estão conectadas, por definição, a amplos segmentos da economia, falhas de coordenação dessa natureza podem ter consequências de longo alcance para o crescimento econômico.

Em suma, a formalização inicial de Bresnahan e Trajtenberg (1995) considerava duas hipóteses técnicas chaves, a generalidade de propósito e as complementariedades inovadoras, que se traduziam em duas externalidades distintas: externalidade vertical entre a GPT e cada setor de aplicação e a externalidade horizontal entre os setores de aplicação.

No entanto, é importante salientar que para além dessas características, acima citadas, que compõe a definição da estrutura básica da GPT, outros elementos são de crucial relevância para o entendimento da dinâmica de cada GPT em particular, podendo variar entre estas tecnologias, como, por exemplo, a forma como é ofertada a inovação da GPT e dos setores de aplicação, suas características econômicas e a natureza da interação entre os setores inovadores da GPT e dos setores de aplicação

(BRESNAHAN, 2010). A GPT pode estar, ou não, incorporada a um bem e serviço que é adquirido pelos setores de aplicação, protegida por patentes e segredos comerciais, ou ser de domínio público. As estruturas organizacionais e a forma de relação estabelecida entre a GPT e a invenção nos setores de aplicação também podem apresentar formas variadas e distintas: a GPT possibilitando oportunidades técnicas, ou de mercados, para os setores de aplicação, ou apenas transferindo um bem e serviço a ser utilizado pelos setores de aplicação. Bresnahan (2010) salienta que “as implicações do modelo específico de interação não são as mesmas da estrutura básica da GPT” (p. 766)². As abstrações do modelo teórico de definição da GPT podem esconder diferenças de evolução e efeitos macroeconômicos de cada tecnologia em específico (BEKAR, CARLAW e LIPSEY, 2018) e como esses macrofenômenos estão profundamente enraizados nos micro fundamentos da mudança técnica.

Bekar, Carlaw e Lipsey (2018), a partir de uma análise micro das GPTs, definem seis características que servem para identificar uma tecnologia como uma GPT, a saber:

1. Complementaridades com um cluster de tecnologias que o definem e dão suporte: na medida em que a GPT evolui surgem complementaridades tecnológicas multidirecionais dentro do crescente conjunto de tecnologias que os definem e dão suporte.
2. Complementaridades com um cluster de tecnologias que ele habilita: a GPT permite inúmeras novas invenções e inovações, nos mais variados e numerosos setores da economia, muitas das quais tecnicamente impossíveis ou economicamente inviáveis sem a GPT e que não são identificáveis como parte da GPT (ou seja, com o cluster de tecnologias que define e dá suporte a GPT). O que acaba por influenciar a evolução da própria GPT.
3. Complementaridades com um cluster de tecnologias que normalmente incluem aquelas que são social, política e economicamente transformadoras: na medida em que a GPT expande o alcance e a variedade de suas aplicações, as tecnologias envolvidas têm impactos significativos na estrutura econômica e, muitas vezes, nas estruturas políticas e sociais, exigindo mudanças ou abrindo oportunidades para inovações nas tecnologias que são ou serão incorporados nessas estruturas.
4. Não há substitutos próximos: as GPTs criam complementaridades com muitas ou a maioria de suas aplicações que são: (i) únicos - nenhuma outra combinação de tecnologias pode produzir a aplicação - e (ii) Leontief - sem ele, todo o sistema não funcionaria.
5. Tenha uma ampla variedade de aplicações: a ampla gama de complementaridades da GPT (pontos 1 a 3) resulta em GPTs com vários usos ou um único uso genérico que possui muitas aplicações econômicas em grande parte ou em toda a economia.
6. Inicialmente bruto, mas evoluindo em complexidade: as tecnologias que evoluem para se tornarem GPTs geralmente começam de forma bruta e incompleta, geralmente com uma gama restrita de usos. Isso faz com que a identificação de qualquer GPT dependa de um julgamento sobre quando a tecnologia desenvolveu complementaridades tecnológicas suficientes e que agora possui todas as outras cinco características nesta lista. Podemos saber quando uma tecnologia claramente não é uma GPT e quando claramente é uma, mas a mudança de uma para a outra é um processo contínuo, sem um ponto claro no tempo.

² Tradução do original em inglês.

A partir das características definidoras, Bekar, Carlaw e Lipsey (2018) propõe uma definição de GPT mais inclusiva para tecnologias de usos múltiplos e de uso único (amplamente usada versus ter muitos usos): uma GPT é uma tecnologia única, ou um grupo de tecnologias intimamente relacionadas, que possui muitos usos (múltiplos usos), ou um único uso genérico desde que seja amplamente usado, na maior parte da economia. Também é tecnologicamente dinâmica no sentido em que evolui em eficiência e alcance de uso por si só, e é complementar com muitos setores à jusante onde estes usos possibilitam cascatas adicionais de invenções e inovações.

Bekar, Carlaw e Lipsey (2018) argumentam que a definição de GPT que propõe, bem como a lista das seis características definidoras, não inclui os possíveis efeitos macroeconômicos dessa tecnologia, como transformações econômicas, sociais e políticas mais amplas que frequentemente acompanham sua evolução. Esse aspecto, em geral, distingue as várias definições de GPT encontradas na literatura e está presente na definição inicial de Bresnahan e Trajtenberg (1995) apresentada anteriormente. No entanto, os autores apontam a existência de “tecnologias GPTs que são usadas em toda a economia, que possibilitaram muitos desenvolvimentos que não poderiam ter ocorrido sem eles, mas que não tiveram os efeitos macro perturbadores” (BEKAR, CARLAW E LIPSEY, p.1013) como aqueles encontrados quando da introdução da maioria das novas GPTs. O que poderia ser explicado pelo fato de que “se encaixam bem na estrutura atual da economia - o que Lipsey *et al.* (2005) chamam de estrutura facilitadora - e, portanto, ao contrário da maioria dos outros GPTs, eles não exigem grandes mudanças estruturais e, portanto, não induzem prolongados impactos agregados para se tornar efetivo” (p.1013). O reconhecimento da existência desse tipo de GPT deriva diretamente das características definidoras estabelecidas pelos autores e servem ao propósito de enriquecer a discussão sobre GPTs, principalmente no que tange a sobreposição de múltiplas GPTs, cuja análise da interação possui grande potencial para enriquecer o debate. Assim como uma definição de GPT mais inclusiva permite um conjunto maior de tecnologias desse tipo para estudo. Principalmente o estudo dos fatores do que torna uma GPT uma revolução tecnológica e seu respectivo paradigma ou a gênese de um paradigma tecnológico. Primeiro um olhar micro para enxergar características e elementos definidores da dinâmica e depois extrapolar para efeitos macro.

Outra questão importante quando da identificação de uma GPT, salientada por Bresnahan (2010) e Bekar, Carlaw e Lipsey (2018), refere-se ao risco de pensar a GPT como sendo incorporada em um único artefato genérico ao invés de conceber GPT como um sistema de tecnologias em evolução. Defendem que uma GPT não pode ser identificada por nenhum artefato que foi inovado em um determinado momento, porque o conhecimento da GPT evolui ao longo do tempo à medida que sua própria eficiência e variedade de aplicativos mudam. Como raramente existe um único artefato tecnológico que possa ser apontado como um GPT, essas tecnologias constituem um conjunto de conhecimentos em evolução que quase sempre é composto por muitos artefatos cooperantes. Quando as GPTs são chamadas de tecnologia única (como uma abreviação para o processo evolutivo de como fazer algo), pode ser prejudicial dado que oculta a longa evolução e a lenta acumulação de conhecimento tecnológico que é a história típica de uma GPT. Uma implicação da definição de uma GPT como um conjunto de conhecimentos em evolução é que raramente existe uma data definitiva para o surgimento de uma GPT ou seu desaparecimento

Bresnahan (2010) também adverte sobre “evitar pensar demais na importância de qualquer tecnologia específica³” (p.772) quando discorre sobre a recombinação entre inovações complementares existentes (tecnologias anteriores) com uma GPT emergente: “em vez disso, é preciso dizer que o que gera progresso econômico real é o cluster de uma GPT e inovações em aplicações, que juntas unem a oportunidade técnica e a oportunidade do mercado” (p.772)⁴.

A distinção feita por Lipsey *et al.* (2005) sobre o que chamaram de *general purpose principles* (GPPs) e *general purpose technologies* (GPTs) se mostra útil na tarefa de identificação de uma GPT: a diferença entre GPPs e GPTs é que tecnologias (GPTs) representam conhecimento subjacente a alguma atividade específica criadora de valor (ou seja, o conhecimento de como produzir e usar algo) enquanto princípios (GPPs) são usados para desenvolver uma gama de tecnologias. Por exemplo, motor a vapor Corliss era uma GPT inspirada na ideia do motor a vapor como um GPP; a ideia de eletricidade é uma GPP, o conhecimento de como gerar, distribuir e utilizar (incorporado nos sistemas de produção e distribuição e nos diversos aparelhos alimentados por esse tipo de tecnologia) é uma GPT. Um GPP se transforma em uma GPT por muitas invenções que a tornam uma tecnologia prática. Segundo Bresnahan (2010) é um erro, do ponto de vista econômico, concentrar-se em uma tecnologia específica e restrita na análise de GPTs. Em vez disso, o foco deve estar em um princípio de uso geral como um dos atributos de uma GPT. No caso de interesse, o da WWW, fica claro que o princípio geral é a ideia de conectividade e o conhecimento de como gerar/produzir e usar está incorporado na criação da WWW (conhecimento de criação de redes que é uma das muitas formas possíveis dentro do contexto maior da Internet).

Vale ainda fazer alguns comentários sobre o processo de difusão da GPT onde, normalmente, se observa um “*delay*”, ou seja, a existência de um intervalo entre a data da invenção e a data da realização plena dos ganhos econômicos. Assim, a difusão da GPT é uma fonte de intervalos entre a invenção bruta, ou inicial, e o crescimento de produtividade e econômico final. O padrão que se apresenta é o de uma difusão lenta no início e de posterior aceleração, podendo ocorrer diferentes taxas de difusão para a mesma tecnologia em diferentes aplicações, dependendo das condições de mercado. Dentre as possíveis razões para esse padrão “*slow-rapid*” de difusão, ou para formato clássico de S da curva de difusão, tem-se as restrições de oferta que abrangem as estruturas de custo e as características da tecnologia. Assim como, também, as restrições de demanda: demandantes heterogêneos, usuários com menor valor, custo de ajustamento de aprender com a adoção. E, não menos importante, a existência de redes comunicando informações sobre novas tecnologias com diferentes velocidades ao longo do tempo (redes com formato simétrico, em geral, apresentam “*S-shaped diffusion*” curve da informação. A forma de difusão - velocidade - irá depender do formato da rede).

Além das causas tradicionais, acima citadas, para o formato S da curva de difusão, a estrutura básica da GPT acrescenta mais uma razão para esse formato com as continuadas melhorias na GPT e os mecanismos de feedback entre as inovações GPT e dos setores de aplicação. A parte mais íngreme da curva, ou o período de maior velocidade de adoção da nova tecnologia, surge quando o ciclo de feedback da inovação decola. E tal ciclo é forte quando existem muitos setores de aplicação adotando a nova tecnologia, o que pode incluir todos os setores da economia.

³ Tradução do original em inglês.

⁴ Tradução do original em inglês.

Em resumo, conforme apontou Albuquerque (2019), a importância das inovações radicais, ou de GPTs, na dinâmica tecnológica e econômica de longo prazo tem sido reforçada ao longo do tempo. Ademais, observa-se uma pluralidade de fontes potenciais de inovações radicais, indicando que mudanças podem estar ocorrendo no antigo sequenciamento de revoluções tecnológicas, pois agora elas poderiam começar a surgir simultaneamente. O que estaria diretamente relacionado à ocorrência de GPTs temporalmente justapostas, ou à superposição de múltiplas GPTs, pois países e setores diferentes, na origem de inovações radicais, podem vir a se desenvolver. Muitas destas GPTs se sobressaem, com impacto suficiente para gerar perturbações importantes na dinâmica do sistema e a elaboração teórica permite captar essa multiplicidade. O resultado mais geral da contribuição teórica dessa elaboração é oferecer um cenário mais turbulento da dinâmica econômica de longo prazo, com perturbações importantes no sistema mais frequentes do que as inicialmente percebidas por Kondratiev e Schumpeter, (ALBUQUERQUE, 2019).

3. WORLD WIDE WEB: ANTECEDENTES, CRIAÇÃO E DESENVOLVIMENTOS POSTERIORES⁵

Michael Dertouzos escreveu em “*Weaving the Web*”, de Berners-Lee e Fischetti (2000), que uma história se destacava dentre as milhares de informações sobre a *World Wide Web* (WWW): “a da criação e evolução contínua desta coisa nova incrível que está surgindo para abranger o mundo e se tornar uma parte importante e permanente de nossa história”, (p. vii)⁶. E, ainda, “uma abordagem única que altera o curso da humanidade” (p.ix)⁷. O interessante dessas citações é notar a afirmação do poder transformador dessa tecnologia ainda tão próximo da sua criação. Dertouzos (2000) ainda segue dizendo que “a inovação de Tim também é única” na medida em que possibilitou a criação de um enorme mercado de informações, onde informação e serviços de informação eram vendidos, comprados ou trocados livremente entre indivíduos e organizações.

Dertouzos (2000), Yoffie (1997) e Gillies e Cailliau (2000) salientam, ainda, que cientistas estiveram por anos fixados em dois elementos, o hipertexto e a redes de computadores, mas, apenas Berners-Lee concebeu como conectá-los e criar a Web. “Acontece que eu apareci com o tempo, e com o interesse e a inclinação certos, depois que o hipertexto e a Internet amadureceram. A tarefa que me restou foi casar os dois juntos” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.6)⁸. Dertouzos (2000) pontua também que seu inventor, já nos anos 2000, se preocupava em definir a Web do futuro: enquanto o mundo se ocupava do comércio eletrônico, Berners-Lee já idealizava a Web como um meio que codificaria, através de seus links de informação enormemente distribuídos, o conhecimento e o entendimento humano. Claramente uma antecipação do que entendemos atualmente como Inteligência Artificial.

⁵ Essa seção está amplamente baseada nos livros de Berners-Lee e Fischetti (2000) e Gillies e Cailliau (2000).

⁶ Tradução do original em inglês.

⁷ Tradução do original em inglês.

⁸ Tradução do original em inglês.

3.1. Antecedentes

A WWW foi inventada dentro da instituição internacional *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN)⁹ e é o resultado de sucessivas tentativas, por parte de Tim Berners-Lee – um físico que atuou como consultor na instituição por alguns anos – de dar forma a uma visão que envolvia um crescimento orgânico e descentralizado de ideias, tecnologia e sociedade. Segundo Berners-Lee, “a visão que tenho para a Web é sobre qualquer coisa estar potencialmente conectada a qualquer coisa” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.1)¹⁰. Além de ser motivada por uma antiga inquietação sobre a possibilidade de computadores performarem intuitivamente imitando a mente humana em sua habilidade de completar conexões, Berners-Lee e Fischetti (2000, p. 3)¹¹: “[...] os computadores eram bons em organização e processamento lógicos, mas não em associações aleatórias. Um computador normalmente mantém as informações em hierarquias e matrizes rígidas, enquanto a mente humana tem a habilidade especial de vincular bits aleatórios de dados”.¹²

Sobre o processo de invenção da WWW, Berner-Lee descreve o que poderia, perfeitamente, ser a descrição de um processo inovativo em geral – como um processo não isolado e de acumulação de conhecimento contínuo, apesar de não linear:

Os jornalistas sempre me perguntaram qual era a ideia crucial, ou qual era o evento singular, que permitiu que a web existisse num dia quando não havia existia no dia anterior. Eles ficam frustrados quando eu digo a eles que não houve um momento “Eureka!”. [...] Inventar a *World Wide Web* envolveu minha crescente percepção de que havia um poder em organizar ideias de uma maneira irrestrita como a da web. E essa consciência veio a mim precisamente por meio desse tipo de processo. A Web surgiu como a resposta a um desafio aberto, através do turbilhão de influências, ideias e realizações de muitos lados, até que, pelos maravilhosos escritórios da mente humana, um novo conceito se formou. Foi um processo de acréscimo, não a resolução linear de um problema bem definido após o outro (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, P.3)¹³.

A primeira aproximação do que veio a se tornar a WWW, tomou forma em um programa de software denominado Enquire¹⁴ escrito por Berners-Lee em 1980 quando esteve na CERN¹⁵ para um trabalho de consultoria de software e, a princípio, foi criado para uso pessoal. O laboratório estava em fase de mudança dos sistemas de controle dos aceleradores de partículas¹⁶, os quais eram o motivo para

⁹ Gillies e Cailliau (2000) argumentam que a curiosidade é razão da existência da CERN, sendo o conhecimento seu principal produto. E que as tecnologias requeridas pelas pesquisas realizadas no laboratório, voltadas para física de partículas, geraram inúmeros transbordamentos, dentre os quais a WWW.

¹⁰ Tradução do original em inglês.

¹¹ Tradução do original em inglês.

¹² Berners-Lee criticava os sistemas de organização hierárquicos ao dizer que restringiam o crescimento.

¹³ Tradução do original em inglês.

¹⁴ Um diminutivo para “*Enquire Within upon Everything*” que, segundo Berners-Lee relata, se tratava de um título de um livro que poderia ser considerado um portal para um mundo de informações.

¹⁵ Mais precisamente no “*European Particle Physics Laboratory*” em Genebra.

¹⁶ Especificamente, o projeto se baseava em criar um novo sistema geral de controle para o *Proton Synchrotron Complex* que já operava antes do estabelecimento de computadores para controle e operação dos aceleradores. À medida que computadores foram sendo acoplados ao centro de controle, cada um continha a responsabilidade de uma atividade específica nos aceleradores, carecendo de um sistema de controle geral. O que motivou o projeto que trouxe vários técnicos, entre eles Berners-Lee, ao laboratório.

a vinda de cientistas e demais pesquisadores oriundos das mais variadas áreas do planeta, dado que experimentos desse tipo eram caros e necessitavam de esforço conjunto. Assim, as diversas equipes rodavam os experimentos e os indivíduos retornavam ao país de origem com os dados a serem analisados. Isso resultava em sistemas de controle cuja construção era resultante de várias contribuições e colaborações de pessoas (cientistas e físicos), pesquisas, artigos e etc. Na tentativa de entender os sistemas, humanos e computacionais, Berners-Lee percebeu que precisaria criar um sistema que organizasse e ligasse as informações que ia recebendo, com objetivo de auxiliar a lembrar as conexões entre as várias pessoas, computadores e projetos no laboratório (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000; GILLIES E CAILLIAU, 2000).

O *Enquire* é escrito por Berners-Lee no computador usado para o desenvolvimento de software do grupo de consultores alocados no desenvolvimento dos novos sistemas de controle, dado que, naquela época, era raro que cada membro do *staff* da CERN possuíssem um computador em sua estação de trabalho, fazendo com que cada indivíduo se dirigisse ao que chamavam de *terminal room* para desenvolverem seus programas de software. A ideia base do *Enquire* era armazenar informações conectadas entre si: uma nova informação (um nó da rede que se formava) só poderia ser adicionada ao programa se estivesse conectada com outra já existente (outro nó). Ou seja, havia a obrigatoriedade de enfatizar a conexão (ou *link*) entre as informações e, além disso, especificar a natureza dessa relação. O objetivo era manter um ‘rastro’ sobre quem escreveu o quê, em cada sistema, de cada máquina. O *Enquire* armazenava as informações através de associações randômicas, ao contrário das estruturas matriciais e do tipo árvore comumente utilizadas, foi pensado para permitir dois tipos de links: os internos, que se davam entre os nós de um mesmo arquivo (ou pasta); e os externos, que compreendiam as conexões entre diferentes arquivos (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000). Assim, uma rede de informações começava a tomar forma. Eventualmente o contrato de consultoria acabou e Berners-Lee ao deixar a CERN deixou o programa com algum membro do laboratório que repassou para outro e o *Enquire* original acabou se perdendo. Vale notar que o software rodava no computador do grupo e não estava conectado em qualquer rede ou Internet (a CERN só adotaria a Internet anos depois).

Entre 1983 e 1984, a antes de retornar a CERN para um *fellowship program*, Berners-Lee, de posse de um Compaq, considerado o primeiro computador portátil disponível, ainda explorando a ideia de conectividade, cria o *Tangle*. A intuição por trás dessa nova tentativa era a de que, dado que os computadores armazenavam informações através de sequências de caracteres e que seus significados (ou sentido) estavam em suas conexões, o importante, então, eram as conexões entre caracteres e não os caracteres em si. Assim, toda vez que uma certa sequência de caracteres era recorrente, *Tangle* criaria um nó que representasse tal sequência. A partir daí, toda vez que essa mesma sequência ocorresse, ao invés de repeti-la, era somente criado uma referência ao nó correspondente (o nó original). Na medida que mais sequências de caracteres foram armazenadas como nós e que mais referências foram sendo feitas, uma série de conexões foram formadas. No entanto o projeto foi abandonado quando, na execução de um teste, o programa entrou em *loop* infinito.

Tim Berners-Lee retorna a CERN em 1984 e encontra uma instituição que havia crescido e estava em processo de construção de um novo acelerador de partículas, maior em tamanho e capacidade. Cientistas do mundo todo se dirigiam ao laboratório e traziam consigo os próprios computadores, sistemas e programas que, nos últimos anos, haviam evoluído e diversificado. Mesmo quando não estavam na instituição, os pesquisadores continuavam a colaborar com as pesquisas em andamento, o

que exacerbava a necessidade de conexão. Assim, Berners-Lee escreveu um programa geral de “*remote procedure call*” (RPC) destinado a facilitar a comunicação entre todos os computadores e redes: “com o RPC, um programador pode escrever um programa em um tipo de computador, mas permitir que ele chame os procedimentos em outros computadores, mesmo que eles sejam executados em sistemas operacionais ou linguagens de computador diferentes” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.14)¹⁷. Além do mais, o programa funcionava em qualquer rede disponível.

Alocado no setor de “aquisição e controle de dados”, um grupo dedicado a captura e processamento dos resultados dos diversos experimentos, Berners-Lee começou a recriar o *Enquire*, que dessa vez rodava em seu Compaq, mas também foi escrito para rodar no VAX *minicomputer* produzido pela DEC e amplamente usado na CERN. No entanto, essa nova versão também permaneceu inacabada.

No entanto, Berners-Lee estava convencido da necessidade de algo como o *Enquire* em uma instituição plural como a CERN:

Além de acompanhar as relações entre todas as pessoas, experimentos e máquinas, eu queria acessar diferentes tipos de informações, como documentos técnicos de um pesquisador, os manuais para diferentes módulos de software, atas de reuniões, anotações rabiscadas apressadamente e assim em diante. Além disso, encontrei-me respondendo às mesmas perguntas feitas com frequência, a mim mesmo, por pessoas diferentes. Seria muito mais fácil se todos pudessem apenas ler meu banco de dados (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.15)¹⁸.

Na tentativa de formalizar essa proposta, Berners-Lee viu que sua ideia se encontrava dentro da categoria geral de “*documentation systems*”, ou seja, de software que permitiam o armazenamento e posterior recuperação de informações. O que se mostrava um desafio dada as numerosas tentativas anteriores dentro da CERN que falharam. Principalmente em função da diversidade de sistemas e redes de computadores que levava os desenvolvedores a exigirem a reorganização do trabalho, por parte dos pesquisadores, para servir ao sistema. Daí surgia a necessidade clara de criar um sistema com regras comuns e simples que seriam aceitas por todos. “Isso significava o mais próximo possível de nenhuma regra” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.15)¹⁹.

A partir dessa percepção, Berners-Lee realiza que, ao invés de um obstáculo, a diversidade de sistemas operacionais, computadores e *networks* poderia ser um rico recurso na construção de seu sistema global de informações. Dessa forma, o formato do projeto começa a se delinear. A primeira escolha é o modelo do sistema: hipertexto. E o plano se resumia a uma visão que combinava os links externos do *Enquire* com hipertexto e os esquemas de interconexão desenvolvidos anteriormente para RPC, ou seja, um programa de *Enquire* capaz de links de hipertexto externos. “Novas teias poderiam ser criadas para ligar diferentes computadores, e todos os novos sistemas seriam capazes de entrar em ação e fazer referência a outros. Além disso, qualquer pessoa que estiver navegando pode adicionar instantaneamente um novo nó conectado por um novo link” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000,

¹⁷ Tradução do original em inglês.

¹⁸ Tradução do original em inglês.

¹⁹ Tradução do original em inglês.

p.16)²⁰. Outra propriedade fundamental do sistema era ser completamente descentralizado, permitindo a adição de novos usuários livremente (sem a necessidade de permissão de uso), o que era considerado o requerimento essencial para o crescimento do sistema. Para tanto, bastava que não fosse introduzido uma base de dados central de links, ou seja, um nó central ao qual tudo o mais estivesse conectado. A maioria dos sistemas disponíveis dependiam de um nó central o que acabava por limitar seu crescimento em algum momento.

Sem a introdução de um link central o resultado seria um sistema flexível, onde não haveria links ou nós especiais, ou seja, qualquer nó potencialmente poderia se conectar com qualquer outro nó. Essa flexibilidade era, segundo Berners-Lee, a chave para um sistema universal. “O hipertexto seria mais poderoso se pudesse apontar para absolutamente qualquer coisa. Cada nó, documento - seja lá como for chamado - seria fundamentalmente equivalente de alguma forma. Cada um teria um endereço pelo qual poderia ser referenciado. Eles existiriam todos juntos no mesmo espaço - o espaço da informação” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.16)²¹.

Em 1988, Berners-Lee percebe a necessidade de formular uma proposta para que o desenvolvimento do “*hypertext documentation system*” se tornasse um projeto formal aprovado dentro da CERN. Até então, todos os desenvolvimentos anteriores haviam acontecido por conta própria, em seu tempo livre e como uma forma de investigação pessoal. Algumas definições já estavam claras: o *Enquire* era a forma de conectar documentos e base de dados, o hipertexto seria o formato comum para exibi-los, o desafio se encontrava, então, em como estabelecer a comunicação entre diferentes computadores com diferentes sistemas operacionais. O grande avanço na direção da conectividade global veio com desenvolvimento da Internet nos anos 1970. Essa estrutura geral de comunicações que era capaz de conectar computadores, moldada por Donald Davis, Paul Barran, Vint Cerf e Bob Kahn, entre outros, começava a se difundir. Assim, a Internet, apesar de já ser uma realidade em curso nos EUA possibilitando a conexão entre universidades e laboratórios por todo o território, encontrava resistência na Europa e, consequentemente, na CERN. Berners-Lee e Fischetti (2000) e Gillies e Cailliau (2000) relatam a tentativa Europeia na busca de um conjunto de protocolos de rede próprio, ou seja, uma rede internacional criada por eles.

A Internet pode ser definida como uma infraestrutura de comunicação geral que conecta computadores permitindo uma comunicação indireta através de uma rede, superando as limitações das conexões feitas através de cabos dedicados feitas anteriormente, (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000; GILLIES E CAILLIAU, 2000). Resumidamente, a Internet pode ser pensada como um conjunto de protocolos padronizados, ou seja, de convenções pelas quais dados são enviados entre computadores²². Ela já se encontrava em funcionamento a partir da década de 1970, mas seu uso se dava, majoritariamente, entre *experts* da computação dada a dificuldade de transmissão de informação que exigia diferentes passos para estabelecer uma conexão, acessar a informação, transferi-la e decodificá-

²⁰ Tradução do original em inglês.

²¹ Tradução do original em inglês.

²² “The data are transmitted over various carriers, such as telephone lines, cable TV wires, and satellite channels. The data can be text, an e-mail message, a sound, an image, a software program - whatever. When a computer is ready to send its data, it uses special software to break the data into packets that will conform to two Internet protocols that govern how packets will be shipped: IP (Internet Protocol) and TCP (Transmission Control Protocol). The software labels each packet with a unique number. It sends the packet out over the phone or cable wire, and the receiving computer uses its own Internet software to put them back together according to the labels.” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, P. 18)

la. O que poderia exigir programas distintos para cada etapa, dada a diversidade de linguagens presentes nos diversos computadores, sistemas operacionais, e software de programas, dificultando um uso mais generalizado e intuitivo. O surgimento do correio eletrônico (e-mail) facilitava o envio de mensagens, mas não criava um espaço no qual a informação pudesse permanecer disponível para acesso e referência. A WWW seria um espaço onde a informação poderia persistir.

Berners-Lee enxerga na Internet a possibilidade de superar as dificuldades advindas da existência de diferentes sistemas operacionais e redes, construindo uma ponte entre eles através de um programa que fosse de fácil uso e permitisse que cada indivíduo pudesse manter suas particularidades organizacionais e de softwares em seu computador, o que permitia o crescimento global da rede. Ademais, os protocolos da Internet (TCP/IP) começavam a ficar disponíveis para sistemas operacionais diversos, dentre eles os mais utilizados pelos cientistas na CERN: VAX/VMS e Unix. Então, em resumo, a ideia era criar um sistema de acesso à informação através de uma rede, baseado no conceito inicial do *Enquire* - um sistema de documentação -, que permitisse aos indivíduos, de uma forma simples, criar representações e navegar através dos links entre seus documentos, o que seria possibilitado pelo uso de hipertexto. Os protocolos de rede seriam TCP/IP e, através do esquema adaptado de endereçamento do RPC, comunicações e compartilhamento de documentos aconteciam, pois este informava aos indivíduos como atribuir um endereço aos seus arquivos e como requisitar arquivo de terceiros.

Em março de 1989 Berners-Lee entrega sua proposta formalizada, denominada “*Information Management: A proposal*”, para membros da direção da CERN, porém não obteve respostas. Berners-Lee e Fischetti (2000) e Gillies e Cailliau (2000) destacam que a falta de interesse da instituição se baseava, em grande parte, no fato de ser um laboratório de física, que encarava a tecnologia da informação como um meio para um fim, com pouco espaço na estrutura a ser designado a um projeto na magnitude do proposto. Em 1990, ainda aguardando um *feedback*, Berners-Lee repagina o projeto e volta a apresentá-lo e, novamente, não obtém sucesso.

Apesar da ausência de respostas institucionais, Tim Berners-Lee mantém sua posição, uma visão mais ampla, na qual toda a informação contida em todos os computadores estivesse conectada. Onde todos os bits de informação, em cada computador do planeta, estivessem disponíveis para todos os indivíduos, um espaço único de informação global. “Uma vez que um bit de informação naquele espaço fosse rotulado com um endereço, eu poderia dizer ao meu computador para alcançá-lo. Por ser capaz de fazer referência a qualquer coisa com a mesma facilidade, um computador pode representar associações entre coisas que podem parecer não relacionadas, mas de alguma forma compartilham um relacionamento. Uma teia de informações se formaria” (BERNERS-LEE, 1989, p.4)²³.

É relevante citar que conceitos similares foram desenvolvidos por outras pessoas, apesar de não implementados, e que formaram a base de conhecimento para o que veio a ser a Web: em um artigo de 1945 intitulado “*As We May Think*”, Vannevar Bush, descreve uma máquina foto-eletromecânica (Memex) que poderia criar e seguir referências cruzadas entre documentos de microfilmes, o principal objetivo desse artefato mecânico era armazenar, recuperar e editar informações endereçando à preocupação de Bush quanto a avalanche de informações que se avolumava principalmente a partir do avanço das pesquisas científicas, além do desejo de replicar artificialmente o modo de operação da mente

²³ Tradução do original em inglês.

humana que aprende por associação ao invés de hierarquização da informação. Bush idealizou o que hoje conhecemos como computadores pessoais capazes de realizarem links associativos ao invés de hierárquicos. Ted Nelson, em 1965, cria o conceito de hipertexto, um novo formato não sequencial de texto, e idealiza o projeto Xanadu, no qual toda a informação disponível no mundo fosse publicado em hipertexto. Por último, o espaço de trabalho colaborativo denominado NLS (oN Line System), demonstrado por Doug Engelbart, onde textos podiam ser visualizados por vários usuários simultaneamente e editado em colaboração, introduziu o uso do sistema de hipertexto em uma ferramenta para trabalho em grupo²⁴, sua motivação era lidar com o aumento crescente da informação, antecipado por Bush, e com a crescente complexidade dos problemas humanos e a diminuição do tempo para lidar com eles, assim uma ferramenta que oferecesse a possibilidade de melhorar a capacidade humana de lidar com tais problemas deveria incorporar a colaboração (GILLIES E CAILLIAU, 2000; BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000).

É válido notar, ainda, como enfatiza Berners-Lee e Fischetti (2000), que, ao contrário do Enquire, a ideia original da Web excedia a ideia de ser apenas um depósito de informações a serem extraídas, ou somente uma ferramenta de pesquisa e referência, ou, ainda, de comércio eletrônico. Estas são apenas partes da Web. “[...] a generalidade era a essência de uma teia de informações” (BERNERS-LEE e FISCHETTI, 2000, p.21).

3.2. A invenção: o processo

Em 1990, o projeto ganha um entusiasta dentro da CERN, um membro do *staff*, Robert Cailliau, que se ocupa de reescrever uma nova proposta em termos mais efetivos, intitulada “*WorldWideWeb: Proposal for a HyperText Project*”, realiza um lobby entre a vasta rede de amigos que possuía dentro da organização e tenta angariar estudantes, ajudantes, dinheiro, máquinas e espaço físico para o desenvolvimento do projeto. Enquanto isso, Berners-Lee inicia a escrita do código da World Wide Web²⁵ de posse de um novo tipo de computador pessoal: o NeXT, produzido pela NeXT Inc²⁶, que trazia várias inovações como o primeiro “*point-and-click*” intuitivo, interface de pastas, entre outros. Assim, a justificativa para o desenvolvimento da programação do hipertexto global, sem o apoio formal da CERN, era experimentar o sistema operacional e o ambiente de desenvolvimento do NeXT²⁷.

²⁴ Doug Engelbart é também o idealizador do *mouse*, que incorporava a ideia de que a interação entre indivíduo e máquina deveria ocorrer da forma mais natural possível. Segundo Berners-Lee e Fishetti (2000), “*Doug was too far ahead of his time*” (p.6). A revolução dos computadores pessoais que popularizaria o *mouse* viria quinze anos mais tarde. Ademais, como salientam Gillies e Cailliau (2000), o *mouse*, ou a tecnologia de “*point and click*” foi fundamental para a difusão da Web, contribuindo para o uso fácil e intuitivo. Suas ideias revolucionaram a forma de se pensar em documentos, a conexão entre eles e a interação entre humanos e computadores.

²⁵ Este nome resultou de um processo de escolha guiado pela necessidade de que as palavras representassem o novo tipo de estrutura que se propunha: um sistema global de hipertexto. O nome refletia a natureza da distribuição dos indivíduos e computadores conectados pelo sistema.

²⁶ Empresa fundada por Steve Jobs ao sair da Apple. Os computadores idealizados por ele eram destinados aos programadores, mas visavam oferecer a mesma facilidade de interatividade que a interface do Macintosh, além de incorporar tecnologias avançadas presentes nos computadores Alto da Xerox (GILLIES E CAILLIAU, 2000).

²⁷ “The NeXT interface was beautiful, smooth, and consistent. It had great flexibility, and other features that would not be seen on PCs till later, such as voice e-mail, and a built-in synthesizer. It also had software to create a hypertext program. Its failure to take over the industry, despite all these advantages, became for me a cautionary tale. NeXT required users to accept all these innovations at once – too much”. (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.28).

Já existiam no mercado numerosos editores de hipertexto disponíveis, assim, o primeiro plano era usar um produto da indústria de hipertexto já disponível e apenas adicionar algum código de Internet para que os documentos de hipertexto pudessem ser enviados através da Internet. Obteve sucessivas respostas negativas que acompanhavam razões como ser muito complicado, caro, dificuldade de imaginar o projeto como um todo sem algo em funcionamento para demonstração e ausência de um nó central ao qual todos os demais estivesse conectado – pois eram assim que as coisas eram feitas. Então, Berners-Lee decide que precisaria escrever todo o código da Web e inicia em outubro de 1990.

O primeiro objetivo era escrever o que denominou por *Web cliente*, que era o programa que permitiria a criação, navegação e edição das páginas de hipertexto. O que se aproximaria, em aspecto, de um processador de texto, basicamente. O segundo passo era transformar o texto em hipertexto, o que era feito através da atribuição de um endereço de link de hipertexto para cada extensão do texto (que era um link). Posteriormente, escrever o código para o Hypertext Transfer Protocol (HTTP), que era a linguagem usada pelos computadores para se comunicarem através da Internet, e para o *Universal Resource Identifier* (URI), que era o esquema de endereçamento de documentos. Em dezembro de 1990, o primeiro *Web client* – um navegador/editor denominado WWW – já estava funcionando com o Hypertext Markup Language (HTML), escrito para descrever como formatar páginas contendo links de hipertexto. As páginas de Web, por sua vez, são mantidas em *Web server*, software que armazena as *Web pages* em uma seção do computador permitindo o acesso de outros indivíduos. O primeiro *Web server* escrito por Berners-Lee denominou-se “*info.cern.ch*”. Berners-Lee, então, cria a primeira *Web page*, dentro deste servidor, contendo suas notas pessoais, especificações da HTTP, URI e HTML, e todas as informações relacionadas ao projeto²⁸.

A Web estava pronta para ser mostrada ao mundo, pelo menos em uma primeira aproximação do que viria a ser e do que foi idealizada. O problema é que ela somente funcionava na incomum plataforma do NeXT²⁹. O que criava um desafio adicional de incentivo ao uso generalizado: o grande incentivo para se disponibilizar uma informação na Web era a possibilidade de esta ser encontrada por qualquer indivíduo ao redor do mundo, mas como incentivar as pessoas a instalarem o programa se não havia informações interessantes o suficiente disponíveis na Web? E se apenas indivíduos dispondessem de um NeXT podiam acessar as informações? O que urgia a criação de um browser cuja interface funcionasse em qualquer tipo de computador. A primeira versão desse navegador denominava-se *line-mode browser*, dado que foi pensado para ser tão simples que funcionasse em máquinas que só mostravam textos da forma de uma linha por vez. O problema com esse *line-mode client* era o fato de ele estar ainda em um estágio de desenvolvimento incipiente, permitindo apenas a navegação pela maioria das pessoas e não a edição de documentos.

Para resolver o problema de ausência de informações na Web, em quantidade e qualidade, Berners-Lee programa o browser para ser capaz de seguir links não somente a arquivos nos servidores HTTP, mas também em arquivos transmitidos pelo protocolo de Internet denominado FTP (*file transfer protocol*). Esses arquivos continham novos artigos e *newsgroup*. “Com essa mudança, artigos e grupos

²⁸ Para uma visão da primeira página de Web criada por Berners-Lee: <https://home.cern/science/computing/birth-web>.

²⁹ Gillies e Caillau (2000) apontam que esse protótipo da WWW escrito no NeXT estabeleceu o padrão para os desenvolvimentos seguintes dado o nível de avanço em que estava. Ou seja, os demais projetos tentaram incluir todas as características e funcionalidades presentes na primeira versão, para os demais computadores. Como a capacidade de leitura e edição e uma visualização mais intuitiva e confortável com a tecnologia point-and-click.

de notícias da Internet tornaram-se repentinamente disponíveis como páginas de hipertexto. De uma só vez, uma grande quantidade de informações que já estavam na Internet estava disponível na Web” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.30)³⁰.

Vale salientar que ao longo do processo acima descrito, o projeto aconteceu de forma informal dentro da CERN, nunca houve uma resposta das instâncias superiores, aos membros do *staff* aos quais a ideia era apresentada, as reações variavam de incredulidade à falta de entendimento do projeto como um todo. Alguns poucos estudantes, em programas provisórios de estágio, se engajaram no projeto durante a programação, mas tudo foi feito sem suporte formal interno, como fornecimento de pessoal, financiamento e estrutura física. Mesmo de posse do primeiro programa, funcionando plenamente entre alguns computadores da instituição, a resistência ao engajamento era enorme. Tal resistência era atribuída, por Berners-Lee, a necessidade de uma mudança de perspectiva quanto a interação com o computador.

Resumindo, a existência da Web marcava o fim de uma era de frustração onde os computadores não podiam se comunicar entre si devido suas incompatibilidades advindas da diversidade de fabricantes, de formatos de discos e de dados, esquemas de codificação de caracteres e redes incompatíveis. O que era imperativo para que a Web tivesse escala global, era definir poucas regras de protocolo que fossem básicas e comuns – regras para governar links de hipertexto entre servidores e *browsers* – que permitissem aos computadores a comunicação. Tais regras se circunscreviam, no caso da Web, às URIs, o esquema de endereçamento de cada informação a ser compartilhada; ao HTTP, o protocolo através do qual os computadores se comunicavam; e ao HTML, o formato para a criação de documento de hipertexto que era exibido no *browser*.

Dada a ausência de adesão interna ao uso da Web, principalmente no que tangia suporte financeiro e de pessoal para o desenvolvimento de outros *browsers* que rodassem nos mais variados tipos de computadores e sistemas operacionais, Berners-Lee decide, em 1991, colocá-la disponível na Internet, seguida de uma postagem de aviso em todos os grupos de notícias possíveis na Internet. Assim, disponibilizando seu projeto para toda a comunidade acadêmica, não somente a comunidade da CERN, adeptos e entusiastas começam a surgir de várias regiões do mundo, criando servidores e Web *pages* fora da Europa, e, principalmente, interagindo via feedbacks que contribuíam para a sofisticação e maior desenvolvimento do programa. “O povo da Internet construiu a Web, de maneira verdadeiramente popular” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.47)³¹. Vale ressaltar que o que foi disponibilizado no servidor da CERN, criado por Berners-Lee, para livre download pela comunidade da Internet, foi um pacote de softwares, chamado libwww e que consistia no protocolo da WWW dividido em subcomponentes, que permitia aos interessados escrever o código de seus próprios *browsers*.

³⁰ Tradução do original em inglês.

³¹ Tradução do original em inglês.

3.3. A difusão: o início

Ficava claro que umas das razões para a lenta difusão do uso da Web era a ausência de outros browsers (ou *Web cliente*), tão intuitivos como o *point-and-click* desenvolvido para o NeXT, que funcionasse em outros computadores e sistemas operacionais, como PC, Macintosh, Unix. Dada a ausência de recursos para o projeto, internamente à CERN, Berners-Lee e Cailliau, iniciaram uma tentativa de estimular estudantes universitários da área de softwares a desenvolverem seus próprios protótipos de browser como um projeto integrante das atividades dos cursos. Estudantes da Helsinki University of Technology, escrevem um modelo para rodar no Unix operado pelo sistema X-Windows, denominado *Erwise*. Apesar de muito avançado, ainda não se enquadrava na categoria de editor. O Web browser ViolaWWW foi escrito por Pei Wei, na U.C. Berkeley e possuía muitos avanços: exibia HTML com gráficos, fazia animações e downloads de pequenos aplicativos da Internet. No entanto, apesar desses avanços, seu desenvolvimento não continuou no caminho da inclusão de funções de escrita e edição. No entanto, os diversos browsers começavam a se difundir e Nicola Pellow escreveu Samba para Macintosh.

Na medida em que mais opções de *browser* ficavam disponíveis novos servidores também, com uma frequência cada vez maior. E servidores voltados para novas formas de se fazer as coisas apareciam e reforçavam o entusiasmo com o campo que nascia. Um exemplo foi o primeiro museu virtual criado por Frans van Hoesl, cujo trabalho se constitui em criar um Web site de hipertexto para um material disponível em formato de arquivos de imagens em um servidor de Internet com protocolo FTP. Esse material era uma compilação de fotos de uma exibição sobre Roma durante o Renascentismo organizada pelo Vaticano no Congresso Norte Americano. Inovador também foi o servidor criado por Steve Putz para mapas, que derivavam de uma base de dados de informações geográficas. “Esse uso da Web para levar pessoas distantes a grandes recursos e o idioma de navegação usado para fazer o museu virtual se popularizou e inspirou muitos sites excelentes” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.59)³².

Com o surgimento de uma crescente competição entre os *browsers*, começaram, então, a surgir desenvolvedores comerciais e institucionais em cena. Como o *browser* Arena, criado por Dave Raggett da Hewlett-Packard; o Lynx 2.0 desenvolvido por Lou Montulli da *University of Kansas*; e o Mosaic, escrito por Marc Andressen e Eric Bina, ambos membros do grupo de design de software do *National Center for Supercomputing Applications (NCSA)* da *University of Illinois at Urbana-Champaign*. Este último, lançado na Web em 1993, obteve uma disseminação mais rápida do que os demais browsers, dada suas características que tornavam o uso mais fácil e intuitivo, principalmente por ser o resultado de um processo de desenvolvimento intimamente correlacionado com os feedbacks dos usuários de browsers. Gillies e Cailliau (2000) apontam que o lançamento do Mosaic em 1993 é, em grande medida, responsável pela definitiva difusão da Web fora do meio acadêmico, pois rodava na maioria dos computadores em uso pela grande parcela da população (Macintosh, PCs, etc). Ademais era fácil de instalar, posteriormente permitiu a inclusão de imagens *inline* e os bugs relatados pelos usuários eram rapidamente corrigidos. Também apresentava fácil acesso para iniciantes na Web.

No entanto, percebeu-se uma resistência do mercado à Web dado o temor da existência de licenças de qualquer tipo, configurando restrições ligadas ao custo. Assim, segue-se a decisão do

³² Tradução do original em inglês.

inventor e da CERN de colocar a tecnologia da Web em domínio público geral, o que permitiria que qualquer pessoa usasse o protocolo e código da Web livre de encargos, criasse um servidor ou um browser, doa-los ou vende-los, sem royalties ou outras restrições.

Assim, surge a demanda pela criação de uma organização que monitorasse o desenvolvimento da Web: “A Web estava começando a mudar de fase”, (BERNERS-LEE e FISCHETTI, 2000, p.75)³³. Com o percebido crescimento exponencial de acessos ao servidor da CERN e de novos servidores e o aumento do tráfego na Web, era importante dar segurança às companhias, principalmente às ligadas ao setor de computação, de que a Web iria evoluir de forma estável.

Eu não queria formar um corpo de padrões per se, mas algum tipo de organização que pudesse ajudar os desenvolvedores ou servidores e navegadores a chegar a um consenso sobre como a Web deveria operar. [...] a evidência dizia que “a Web” poderia se dividir em várias facções - algumas comerciais, algumas acadêmicas; alguns gratuitos, outros não. Isso iria contra o próprio propósito da Web: ser um meio de hipertexto único, universal e acessível para compartilhar informações (BERNERS-LEE e FISCHETTI, 2000, p. 76).³⁴

Ademais, a *European Commission (Fraunhofer Gesellschaft)*, juntamente com a CERN, inicia o primeiro projeto, da União Europeia, baseado na Web, denominado Webcore, para disseminação de informação tecnológica para países europeus do antigo bloco Soviético. Assim a mídia, em dezembro de 1993, toma conhecimento e começa a publicar massivamente sobre a Web e o Mosaic, potencializando a disseminação de informações sobre as novas tecnologias.

Em 1994 começam a surgir companhias ofertantes de serviços de Internet, como a empresa O'Reilly que criou um produto denominado “*Internet in a Box*” que objetivava trazer a Internet e a Web para os lares:

Já era possível para qualquer pessoa baixar, gratuitamente, todos os navegadores, TCP / IP e softwares necessários para entrar na Internet e na Web, mas o usuário precisava saber muito sobre como configurá-los e fazer com que funcionassem juntos, o que foi complicado. Nem a Internet nem a Web foram inicialmente configuradas para uso doméstico ou empresarial individual; eles foram feitos para universidades, pesquisadores e organizações maiores. O produto da O'Reilly juntou tudo. Tudo o que o usuário precisava fazer era instalá-lo em seu computador e pagar as tarifas telefônicas de sua conexão com a Internet (BERNERS-LEE e FISCHETTI, 2000, p.80)³⁵.

Em abril de 1994 tem-se a criação da Netscape com o lançamento de seu novo browser, Mozilla, em outubro do mesmo ano. A Netscape simboliza o surgimento de softwares e serviços da Web como produtos comerciais, e é um passo importante para a Web. A Web torna-se um negócio. Na mesma

³³ Tradução do original em inglês.

³⁴ Tradução do original em inglês.

³⁵ Tradução do original em inglês.

época, a Microsoft decide que a próxima versão de seu sistema operacional, Windows 95, incluiria um software de acesso à Internet e que esta constituiria uma nova e importante parte da estratégia da companhia. “Em vez de desenvolver seu próprio código, a Microsoft licenciou o código do navegador de uma pequena spin-off do NCSA chamado Spyglass. O custo foi de US \$ 2 milhões - mais dinheiro do que qualquer um de nós envolvidos desde os primeiros dias jamais teria sonhado” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.93)³⁶.

Como resposta à demanda de criação de uma organização que monitorasse o desenvolvimento da Web, surge o *World Wide Web Consortium* (W3C), instaurado no *Laboratory for Computer Science* do MIT. Faziam parte do W3C os diversos membros de organizações como Netscape, Microsoft e IBM. Os membros poderiam ser de organizações comerciais, educacionais ou governamentais. O propósito do consortium seria “levar a WEB a todo o seu potencial” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.94)³⁷, desenvolvendo, primeiramente, protocolos comuns para melhorar a interoperabilidade e a evolução da Web. “Para fazer isso, ficaríamos à frente de uma onda significativa de aplicativos, serviços e mudanças sociais, cumprindo uma combinação única de funções tradicionalmente atribuídas a organizações bastante diferentes” (BERNERS-LEE E FISCHETTI, 2000, p.94)³⁸. O W3C desenvolveria especificações técnicas, ajudaria a desenhar e desenvolver códigos, representaria o poder e autoridade de milhões de desenvolvedores, pesquisadores e usuários e alavancaria os avanços mais recentes na tecnologia da informação. O *consortium* seria financiado pelos pagamentos de membros, mas também recebia financiamento dos governos norte-americanos e europeus. Por exemplo, a agência de defesa dos EUA, por meio de seu setor de projeto de pesquisas avançados, financiava o consortium por este promover uma ponte entre pesquisa acadêmica e indústria.

Uma das primeiras tarefas do consortium (a lista de prioridade era criada a partir dos feedbacks dos membros) seria lidar com a questão da segurança da rede, ou seja, como proteger as informações dos usuários, como dados de cartão de crédito. Resolver essa questão seria de especial importância para permitir o e-commerce – o comércio eletrônico. Antecipando-se ao W3C, dada a percepção da importância para os futuros desenvolvimentos da empresa e de um nicho de mercado, a Netscape lança um software, o *Secure Sockets Layer*, destinado a proteger os dados pessoais dos usuários na Web.

Em dezembro de 1994 três eventos tomam lugar e alteram definitivamente o futuro da Web a saber: o primeiro encontro dos membros do W3C; o lançamento, pela Netscape, da versão comercial do seu browser. O Mozilla (Navigator 1.0) é lançado livre na Internet, sem cobranças, dada a percepção da Netscape da urgência de lançar o browser antes das demais companhias, como a Microsoft. O modelo de negócio – a forma de lucrar – seria por meio de publicidade exibida no site da Netscape - quando os indivíduos se dirigissem ao site para fazer o download do browser ou quando abrissem o browser, pois o site da empresa seria a página padrão ou de inicialização -, pela disponibilidade de outros serviços para venda no site, e pelo fornecimento de navegadores comerciais para companhias, assim como a criação e hospedagem de servidores, entre outros). “A Netscape estava sabiamente reconhecendo isso na Web. Era mais lucrativo ser uma empresa de serviços do que uma empresa de software” (BERNERS-

³⁶ Tradução do original em inglês.

³⁷ Tradução do original em inglês.

³⁸ Tradução do original em inglês.

LEE e FISCHETTI, 2000, p.100)³⁹. O modelo de negócios da Netscape definiu o caminho que as demais companhias da Web seguiram: lançar uma versão básica do software livre na Internet para atrair o máximo de usuários possíveis – que eventualmente fariam sugestões e feedbacks para melhora do software – e fazer dinheiro através das milhares de visitas ao site através de anúncios e serviços.

O terceiro evento foi a decisão, por parte da CERN, de não ser o escritório, ou a base, do consortium na Europa. Esse lugar foi, então, assumido pelo *Institut National Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA)*, localizado na França.

Um sinal da difusão global e importância da Web era o reconhecimento, pelos governos ao redor do mundo, da influência da nova tecnologia a ponto de virar um tópico de discussão no encontro anual do G7 em fevereiro de 1995 em Bruxelas. Nesse meio tempo, a Microsoft tenta licenciar o browser da Netscape e incorporá-lo ao seu sistema operacional Windows 95, mas é recusada e redobra seus esforços na busca de seu próprio browser. Em abril de 1995, a Compaq anuncia que sua nova linha de computadores pessoais viria com o Navigator da Netscape, configurando a primeira vez que um browser viria junto com o hardware. Em maio, Sun Microsystems lançam o Java, uma nova linguagem de programação⁴⁰, o que abre um mundo de possibilidades de aplicações para a Web. Netscape imediatamente licencia o Java e incorpora em seu browser, Navigator. A vantagem do Java era possibilitar computadores com discos rígidos e RAM com menores espaços, memória, o que criava a possibilidade de computadores pessoais mais baratos.

Outro evento sintomático da importância e difusão da Web foi abertura de capital da Netscape, dada a necessidade de uma grande infusão de capital que permitisse a recém-lançada empresa, apenas 16 meses de existência, competir com gigantes como a Microsoft. A “*initial public offering*” (IPO) da Netscape foi considerada a maior da história até então, principalmente quando se considera que a empresa ainda precisava demonstrar algum lucro. Após um único dia de negociação na bolsa de valores, Netscape valia U\$4.4 bilhões. O que retratava as elevadas expectativas de Wall Street com relação às ações de alta tecnologia em 9 de agosto de 1996.

Se a World Wide Web ainda não tinha chamado a atenção total do público, esta história notável a colocou no centro do palco. Também enviou uma mensagem inegável ao mundo comercial: a Web era um grande negócio. A corrida do ouro começou. A enxurrada de dinheiro permitiu que a Netscape comprasse pequenas empresas que desenvolveram produtos especializados para a Web, criasse joint ventures com corporações maiores e ampliasse sua linha de produtos para dar suporte a grandes contratos de grandes compradores corporativos. No final de 1996, quando se estabeleceu em seu modelo de negócios completo, a Netscape empregaria mais de duas mil pessoas e relataria receitas de US \$ 346 milhões. O preço inflacionado de suas ações cairia para níveis razoáveis nos próximos anos, mas de uma só vez a Web se tornou um grande mercado (BERNERS-LEE e FISCHETTI, 2000, p.106)⁴¹.

³⁹ Tradução do original em inglês.

⁴⁰ “Small application programs written in Java, called applets, could be sent directly between computers over the Internet, and run directly inside a Web page on a browser. [...] It met the need for applications in which a hypertext page was not sufficiently interactive, and some programming on the client was necessary. (p.104)

⁴¹ Tradução do original em inglês.

Duas semanas após a IPO da Netscape, Microsoft lançou o Windows 95 com seu próprio browser, o Internet Explorer. Deixando claro a definição da companhia na direção da Internet.

Segundo Berners-Lee e Fischetti (2000) e Gillies e Cailliau (2000), o que se segue, então, é o início de uma alteração da dinâmica da economia, das instituições e da sociedade em torno das novas tecnologias de informação e conectividade. Surgem novas empresas de tecnologia da informação e novas mercadorias, empresas já estabelecidas percebem a necessidade de reorientar suas trajetórias – caso da Microsoft e da IBM -, as instituições buscam formas de acompanhar os avanços inovativos etc. Leis e processos judiciais marcam as primeiras décadas do surgimento da Web no que tange o controle da informação disponível e o acesso a ela. E debates sobre regulações de mercado para garantir a competitividade são alguns exemplos das perturbações causadas pelo que parece ser uma revolução nos modos de vida. “As lutas competitivas por pedaços de um mercado lucrativo agora forneciam o pano de fundo financeiro para a revolução tecnológica, que por si só era o pano de fundo para uma verdadeira revolução social” (BERNERS-LEE e FISCHETTI, 2000, p.112)⁴².

3.4. O surgimento de novas indústrias, setores de atividade e modelos de negócios: o caso da Google

A invenção e difusão da WWW possibilitou o surgimento de inúmeras novas tecnologias e o aumento das possibilidades de seu uso por indivíduos não especialistas. Após sua consolidação, observa-se um crescimento do número de websites na rede, criando uma demanda por mecanismos que permitissem encontrar as informações específicas procuradas pelos usuários individuais e corporativos, em parte devido ao caráter descentralizado da Web (GREENSTEIN, 2015; ALBUQUERQUE, 2019). Nesse contexto surge, em 1998, a Google, uma empresa criada a partir de um algoritmo para buscas na Internet, esta, por sua vez, formalizada como uma das novas mercadorias dessa nova era. A Google foi fundada por Sergey Brin e Lawrence Page, estudantes do programa de Phd da *Stanford University* em ciências da computação. Sua invenção, que levou à fundação da Google, se resumia em um mecanismo de busca de larga escala. Ambos eram participantes de um projeto de pesquisa financiado pela *National Science Foundation* (NSF) denominado “*Digital Library Initiative*” cujo um dos objetivos era melhorar a ciência de recuperação e armazenamento de informações em grande escala. Assim, o objetivo de pesquisa de Brin e Page, a princípio, era inventar ferramentas para examinar o conteúdo digital de bibliotecas. O início do projeto se dá em 1994, quando a Web ainda está em seus primeiros momentos de difusão e, com o crescimento acelerado de seu uso ao longo do globo, o interesse de Page se volta para o conteúdo disponível na Web e propõe examinar as informações contida nas *web pages*. Assim, o foco da pesquisa se altera, direcionando-se para a invenção de ferramentas que examinassem o conteúdo da Web.

Dada a potencial novidade científica nessa proposta, os coordenadores do projeto permitiram que essa mudança de caminho na pesquisa fosse efetuada. Assim, Brin e Page desenvolveram um método para mensurar os links entre websites, gerando uma classificação destes segundo a frequência de links que cada website recebia, ou seja, quanto maior a quantidade de links um website recebesse,

⁴² Tradução do original em inglês.

maior seria sua posição na classificação. Segundo Greenstein (2015) o algoritmo criado mensurava “a popularidade de uma página da Web” (p.368). A vantagem dessa classificação era permitir melhores respostas às consultas sobre como encontrar *web pages* informativas, dado que estas, em geral, recebiam mais links e, portanto, à esta tecnologia deu-se o nome de mecanismo de busca. O algoritmo criado por Page e Brin recebeu o nome de Page-Rank, que foi a primeira versão do que viria a ser o Google.

Percebe-se aqui o papel da Web em direcionar a pesquisa científica, dando a ela outros rumos além dos incialmente propostos. Ou seja, essa mudança de rumo de pesquisa só foi possível pela invenção e posterior difusão da Web, dada a criação de uma necessidade: encontrar informações na avalanche de *web sites* que crescia.

Em seguida, implementaram o Page-Rank em um mecanismo de busca, denominado Backrub, disponibilizado em um servidor da Stanford, o que permitiu o refinamento do algoritmo através de feedbacks de usuários. Dada a popularidade do mecanismo de busca entre os usuários dentro do campus, os inventores partiram para uma tentativa mercadológica: receber alguma renda através de licenciamentos para outras entidades e empresas. Nesse interim, a tecnologia é patenteada tendo a Stanford como titular da patente e o inventor como Lawrence Page. A princípio encontram dificuldades em licenciar o algoritmo, não encontrando muito interesse, pois era uma época de efervescência de *startups* que objetivavam lucrar com o crescimento da Web e existiam inúmeras outras abordagens de busca na Internet disponíveis, e sua proposta, inicialmente, não parecia se distinguir das demais. Outros mecanismos de busca com intuição similar eram o RankDex, criado por Robin Li que fundou a Baidu, e o Inktomi, de Eric Brewer e Paul Gauthier, considerado o que dominava o mercado no final da década de 1990.

Um dos princípios fundamentais da Web, como mencionado anteriormente, era a descentralização ou ausência de um controle central: qualquer usuário da Internet poderia adicionar informações e criar links entre estas. Essa característica proporcionou uma oportunidade de negócios que se baseava em ajudar os usuários a encontrar o que desejavam no crescente conjunto de *web pages*, ou seja, uma ajuda para navegação. Uma das primeiras tentativas de explorar esse nicho de mercado se traduziu na tentativa de cobrar por assinaturas de informações organizadas da Web, uma ideia parecida ao catálogo telefônico, porém, não obteve sucesso. Outra abordagem se materializou na existência dos grandes portais, como Yahoo e AOL, que se baseavam na noção de interesses coletivos compartilhados, voltados para grupos de usuários, oferecendo uma ampla gama de conteúdo específico e selecionado. Esses serviços eram prestados por intermédio das rendas advindas, em boa parte, da publicidade exibida nesses portais que, por sua vez, prometiam entregar, para as empresas anunciantes, uma mensuração dos resultados dos anúncios e uma melhor segmentação do público – o que era essencial para o anunciante e para o setor de publicidade como um todo.

Uma terceira abordagem se concentrava em oferecer uma solução técnica ao problema de como navegar nas milhares de páginas disponíveis na Web ou como encontrar o que se desejava de forma eficiente. Assim, começam a surgir soluções de engenharia voltadas para a pesquisa online. A oferta desse serviço, em geral, estava atrelada à venda de resultados das buscas a empresas que licenciavam o serviço ou à venda de publicidade, o que se mostrou mais atraente e com maior potencial lucrativo. E é

nessa área que a Google surge e atua. Apesar do Cookie⁴³ – uma tecnologia de rastreio da atividade do usuário na Web ou de criação de histórico do navegador - já estar disponível desde 1994 e ter sido implantado por muitas empresas, como os grandes portais, criando a possibilidade de melhor desenho das preferências dos usuários e, portanto, melhor segmentação, quando a Google surge, as empresas ainda encontravam considerável dificuldade em anunciar com precisão. Além do mais, a prática comum de negociação dos anúncios, os banners, se baseava no preço de impressão não estando diretamente relacionado ao seu impacto, o que evidenciava o problema de mensuração.

Assim, a Google surge em um contexto de elevada oferta de mecanismo de buscas e reduzida demanda, em um mercado dominado pelos portais que não viam muita utilidade nestas tecnologias e, adicionalmente, consideravam-nos inconveniente por, eventualmente, direcionar o usuário para fora do portal, o que diminuía a possibilidade de venda de anúncios que era baseada no volume de tráfego de navegação. No entanto, segundo Greenstein (2015) a empresa possuía alguns diferenciais que, inicialmente, ajudaram a atrair a atenção do mercado e dos usuários em geral, como um design simples, que destoava do visual dos portais, e uma alegada neutralidade comercial com respeito a publicidade. O foco do serviço oferecido era entregar resultados relevantes e rápidos. Inicialmente ofereceu apenas um serviço de busca que se resumia a uma barra para inserção de uma palavra-chave pelos usuários, que, por sua vez, gerava um conjunto de resultados que a empresa devolvia ao usuário. Começaram por disponibilizar o serviço – o mecanismo de busca - a qualquer usuário, o que serviu ao objetivo de elevar a parcela do mercado e conseguiram captar receitas advindas da exibição de anúncios simples e banners, que eram exibidos por um período fixo de tempo e que não adaptavam o conteúdo ao usuário. Mantendo assim seu alegado compromisso com a neutralidade comercial: criando uma separação entre os anúncios e os resultados de pesquisa e rejeitando o “*pay-to-list*”.

Com o crescimento do número de usuários do mecanismo de busca da Google, os portais começaram a rever seus contratos com as demais empresas de busca na Internet. A Google fechou seu primeiro contrato com um cliente pagante em junho de 2000, a Yahoo, o que representava uma elevação de receitas, da legitimação no mercado e do número de usuários de forma considerável, permitindo, inclusive e primordialmente, que o algoritmo fosse refinado. A importância desse acordo com a Yahoo pode ser corroborada, também, pelos novos 130 acordos comerciais, com outras empresas, feitos nos dois anos posteriores. Inicialmente, os portais não enxergavam empresas como a Google, fornecedoras de mecanismos de buscas, como concorrentes diretas, dado que estes ofereciam linhas adicionais de negócios, como e-mails, grupos de discussão e notícias. Assim, os mecanismos de busca eram vistos mais como um complemento em seus sites. Como “parecia não representar uma ameaça competitiva imediata como substituto”, (GREENSTEIN 2015, p.378) houve cooperação e envio de tráfego por parte dos grandes portais para o serviço da Google.

A Google se preocupava em fazer investimentos massivos e continuados para melhorias técnicas, como, por exemplo, em tecnologias de hardware de servidores para alcançar e manter a rapidez de processamento, uma de suas marcas, e aos poucos evoluiu para uma plataforma de publicidade online.

⁴³ Essa tecnologia permitia que informações do navegador do usuário fossem acessadas pelo website criando um histórico de navegação, o que criava uma base de dados com valor inestimável. Seu uso beneficiou grandes firmas com massiva quantidade de conteúdo e aquelas com capacidade para rastrear os usuários entre múltiplos sites. Dando também origem ao rastreamento por terceiros, ou seja, extrapolava a esfera website rastreando seu usuário. Um ramo de rastreamento universal de usuários. Criando um comércio do surfing.

Em 2001 adotou a abordagem de leilão de palavras chaves ligadas ao mecanismo de busca – que já era utilizado por outras empresas -, mas não alterou a lista orgânica, gerada pelo algoritmo, para atender aos interesses dos anunciantes, identificando os anúncios ao listá-los acima e à direita dos resultados da pesquisa e indicando-os como pagos. Inovou ao desenhar um mecanismo de leilão de segundo preço, para evitar a manipulação do leilão pelos anunciantes, e a exibição dos anúncios obedeciam às seguintes regras: os anunciantes pagariam por click dos usuários nos anúncios exibidos e não pela “impressão”, o que contribuía para a melhora da mensuração do alcance da publicidade; os anunciantes não precisariam pagar se o anúncio não atraísse clicks dos usuários.

Assim, a Google desenvolve o “*quality ranking*” baseado no engajamento dos usuários aos anúncios e resultados de pesquisa. Esse mecanismo era utilizado nos leilões, o que funcionava como um filtro, apurando a segmentação do conteúdo a ser anunciado. Criava incentivos para melhoria constante dos websites, uma vez que as empresas buscariam melhorar o score tanto para o leilão quanto para melhorar sua classificação na lista orgânica do mecanismo de busca. O que aprimorava os resultados entregue aos usuários, aumentando o número de tráfego. Ou seja, um ciclo virtuoso de *feedback*. Isso só foi possível, mais uma vez, devido à investimentos massivos e constantes em ciências da computação, segundo Greenstein (2015), a empresa precisou participar da invenção de uma ciência da computação extremamente complicada para implementar o “*quality ranking*”: “a ciência da computação de um algoritmo de classificação de qualidade automatizado para toda a Web é extremamente desafiadora do ponto de vista técnico e impossível para muitas organizações” (GREENSTEIN, 2015, p.383-4).

Em 2003, já considerada liderança na publicidade, passa a oferecer um novo serviço de exibição de anúncios em lugares específicos dentro de blogs – em geral, pequenas janelas retangulares, o que foi denominado “*Ad Sense*”. Este era fornecido através de um leilão com mecanismo *Vickery-Calrk-Groves*, no qual o lance era lacrado e se cobrava do licitante o dano que, porventura, causasse aos demais participantes. Para dispor os anúncios nas diversas páginas da Web, a Google dividia as receitas dos anúncios com os sites que os exibiam. Em resumo, a grande inovação da Google foi o “*quality-weighted second-price keyword position auction for ads*”, que fornece ao mercado de publicidade a mensuração e segmentação eficaz e aos usuários, resultados relevantes de suas buscas na Internet. Sofisticando e dominando o mercado. Torna lucrativa a Web, atrai usuários, interesses e atenção para o potencial de negócios, lucros e mercados. Seu foco na melhoria contínua atrai cada vez mais tráfego: um exemplo é a tecnologia de *spell checking* que dobra o tráfego por facilitar a navegação. Ainda, segundo Greenstein (2015): “A ascensão do Google solidificou o movimento irreversível de afastamento das raízes inocentes da Web em direção a uma comercialização generalizada do surfe” (GREENSTEIN, 2015, p.386)⁴⁴.

Segundo Albuquerque (2019), a comercialização dessa mercadoria envolve a relação entre os usuários da WWW e os anunciantes, o que, por sua vez, determinou uma profunda transformação no mercado de propaganda, no qual, os gastos na Web ultrapassaram o total investido nos meios tradicionais. Com as novas empresas capturando a maior parte desses gastos, sendo a Google a ocupante do primeiro lugar. Ademais, é relevante o surgimento de um conjunto de inovações relativas à forma como a Google especifica os seus anúncios, através da utilização de técnicas de leilão. A busca na Internet é custeada por gastos em propaganda, dessa forma, estabelece uma dinâmica específica onde a coleta de dados dos usuários, para determinar com maior precisão o público-alvo das propagandas e, assim, cobrar mais pelo serviço oferecido, é aprofundada.

⁴⁴ Tradução do original em inglês.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A WWW constituída e possibilitada por tecnologias que já existiam e estavam disponíveis, como os protocolos de comunicação da Internet (a tecnologia de redes), os sistemas de hipertexto, a tecnologia de *packet switched*, de *point and click* (mouse) e dos computadores pessoais, entre outras, foi exclusivamente capaz de colocá-las juntas de forma a proporcionar um acesso fácil e intuitivo para todos os usuários que desejasse navegar na Internet, sendo, assim, popularizada.

Assim, um paradigma da conectividade emerge e cristaliza-se ao redor da WWW, que seria uma “*novel enabling technology*”, ou uma GPT. Em geral, como argumentado por Bresnahan (2010) e Bekar, Carlaw e Lipsey (2018), uma *General Purpose Technology* representa uma dinâmica inovativa composta por um sistema complexo de interações entre seus numerosos componentes.

Nas teorias acerca de GPTs define-se que esta é uma tecnologia de aspecto geral e alta capacidade de pervasividade. Sendo uma de suas principais características a capacidade de ser aplicada, ou absorvida, nos mais diferentes setores da atividade econômica e científica, para além dos setores mais óbvios de aplicação direta, que no caso da WWW seriam os setores de computação e redes de computadores. Assim, a WWW permitiu inúmeras novas invenções e inovações, nos mais variados e numerosos setores da economia, muitas das quais tecnicamente impossíveis ou economicamente inviáveis sem a GPT e que não são identificáveis como parte da GPT (ou seja, com o cluster de tecnologias que define e dá suporte a GPT: como foi o caso do surgimento de empresas como a Google e seu novo modelo de negócio e mercadoria, a publicidade; o e-commerce que evoluiu para as grandes plataformas de negócios como a Amazon; redes sociais inaugurando o que se denomina como a economia da atenção; grandes plataformas de economia compartilhada como a Uber; bancos digitais e, por fim, a disponibilidade de Inteligência Artificial, Internet das coisas e Blockchains, dado o volume de dados gerado e armazenado via a conexão generalizada permitida pela WWW. Ademais, permitiu o avanço de outros setores como a neurociência e outros ramos da medicina, ao acelerar a melhora no processamento computacional e armazenamento de dados.

A WWW expandiu o alcance e a variedade de suas aplicações, as tecnologias envolvidas têm impactos significativos na estrutura econômica e, muitas vezes, nas estruturas políticas e sociais, exigindo mudanças ou abrindo oportunidades para inovações nas tecnologias que são ou serão incorporados nessas estruturas. Como visto acima, tecnologias como redes sociais, plataformas online de comércio, serviços e compartilhamento (Uber, AirBnb, streaming como Netflix, Amazon Prime e Spotify, entre outros), tem alterado nossa forma de interação social, nosso comportamento de consumo, nossas relações com o trabalho, bem como demandando o surgimento de novas leis e instituições para lidar com tais alterações. Como, por exemplo, leis sobre acesso e divulgação de dados e informações dos usuários da rede, bem como qual o uso que se pode fazer dos milhares de dados que são gerados diariamente na rede por parte das empresas.

Ademais, as tecnologias que evoluem para se tornarem GPTs geralmente começam de forma bruta e incompleta, geralmente com uma gama restrita de usos. Como foi visto, os primeiros navegadores eram muito rudimentares e não possuíam capacidade de edição, apenas com as futuras colaborações e complementariedades e o surgimento de empreendimentos no ramo, a WWW pode se desenvolver e difundir se tornando no que conhecemos hoje.

O presente trabalho argumenta que a *World Wide Web* pode ser entendida como uma *General Purpose Technology*, uma tecnologia de aplicação generalizada e capaz de estimular a inovação nos mais variados setores da economia, com complementariedades inovativas, promovendo, em última instância, um aumento de produtividade generalizado no sistema econômico. A difusão desse conjunto de novas tecnologias interrelacionadas se dá pelos numerosos mecanismos de interação e feedbacks retroalimentativos entre os diversos setores de atividades e trajetórias tecnológicas.

O modelo de GPT, desenvolvido inicialmente por Bresnahan e Trajtenberg (1992 e 1995) determina que uma inovação radical, ao mostrar seu potencial de aplicabilidade generalizada e de lucratividade, atrai tanto novos empreendedores quanto o capital financeiro. Assim, a invenção da *World Wide Web*, na década de 1990, deu início a uma era marcada por uma rede mundial de informações disponível a qualquer indivíduo, à conectividade generalizada e a era das plataformas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, E. Capitalismo pós-www: uma discussão introdutória sobre uma nova fase na economia global. **CADERNOS do DESENVOLVIMENTO**, Rio de Janeiro, vol. 14, n. 24, p. 131-154, jan.-jun. 2019.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Revoluções tecnológicas e general purpose technologies: mudança técnica, dinâmica e transformações do capitalismo. In: RAPINI, Márcia Siqueira; RUFFONI, Janaina; SILVA, Leandro Alves; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta (org.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global**. 2.ed. Belo Horizonte: FACE – UFMG, 2021.
- ARTHUR, W. Brian. **The Nature of Technology**. London: Penguin, 2009.
- BEKAR, C.; CARLAW, K.; LIPSEY, R. General purpose technologies in theory, application and controversy: a review. **Journal of Evolutionary Economics**, n. 28, p. 1005–1033, 2018.
- BERNERS-LEE, Tim; CAILLIAU, Robert; GROFF, Jean-François; POLLERMANN, Bernd. World-Wide Web: The Information Universe. **ELECTRONIC NETWORKING**, Vol. 2, No. 1, Spring 1992, pp. 52-58.
- BERNERS-LEE, Tim; FISCHETTI, Mark. **Weaving the Web: the original design of the World Wide Web by its inventor**. New York: HarperCollins Publishers, 2000.
- BRESNAHAN, Timothy. General purpose technologies. In: HALL, Bronwyn H.; ROSENBERG, Nathan. **Handbook of the Economics of Innovation**. UK: North-Holland, 2010.
- BRESNAHAN, T.; TRAJTENBERG, M. General purpose technologies: Engines of growth?, **NBER working paper**, n. 4148, 1992.
- BRESNAHAN, T.; TRAJTENBERG, M. General purpose technologies: ‘engines of growth’? **Journal of Econometrics**, vol. 65, n. 1, p. 83-108, 1995.
- CERN. <https://home.cern/science/computing/birth-web>
- DERTOUZOS, Michael L. **What Will Be**: How the new world of information will change our lives. London: Piatkus, 1997.
- GILLIES, James; CAILLIAU, Robert. **How the Web was born**. New York: Oxford University Press, 2000.
- GLEICK, James. **The information**: a history, a theory, a flood. New York: Pantheon Books, 2011.
- GREENSTEIN, S. **How the internet became commercial: innovation, privatization and the birth of a new network**. Princeton: Princeton University Press, 2015.
- HAFNER, Katie; LYON, Matthew. **Where Wizards Stay Up Late**: The Origins of the Internet. New York: Touchstone Edition, 1998.
- HELPMAN, Elhanan (ed). **General Purpose Technologies and Economic Growth**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology press, 1998.

LIPSEY, Richard G.; BEKAR, Cliff; CARLAW, Kenneth. What requires explanation? In: HELPMAN, Elhanan (ed). **General Purpose Technologies and Economic Growth**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology press, 1998.

LIPSEY, R.G., CARLAW, K., BEKAR, C. **Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-Term Economic Growth**. Oxford University Press, Oxford; New York, 2005.

ROSENBERG, N. Chemical engineering as a General Purpose Technology. In: HELPMAN, E. **General Purpose Technologies and economic growth**. Cambridge, Mass./London: The MIT Press, p. 167-192, 1998.

SRNICEK, Nick. **Platform capitalism**. Cambridge, UK; Malden, MA: Polity Press, 2016.

ZUBOFF, Shoshana. **The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power**. New York: PublicAffairs, 2018.