

GRANDES DESAFIOS

Sociedade Brasileira de Computação

Resumo Executivo
GRANDES DESAFIOS DA
COMPUTAÇÃO
2025-2035

Livretos SBC



GRANDES DESAFIOS

Sociedade Brasileira de Computação

Resumo Executivo
GRANDES DESAFIOS DA
COMPUTAÇÃO
2025-2035

Acesse o site do
Grandes Desafios
de Computação



Créditos de Elaboração

A Sociedade Brasileira de Computação (SBC) produziu este livreto com um Resumo Executivo dos Grandes Desafios da Computação para o período de 2025 a 2035.

Este documento foi organizado pelos Professores André Luís de Medeiros Santos (UFPE) e Flávio Rech Wagner (UFRGS) e sua elaboração contou com a contribuição dos participantes do Seminário dos Grandes Desafios da Computação, ocorrido em 2024.

Como citar este documento:

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. **Grandes Desafios da Computação 2025-2035**: Resumo Executivo. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2025.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G752 Grandes desafios da computação, 2025-2035 [recurso eletrônico] /
organização: André Luis de Medeiros Santos e Flávio Rech Wagner.
– Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Sociedade Brasileira de
Computação, 2025.
35 p. : PDF

Modo de acesso: World Wide Web.
ISBN 978-85-7669-627-8 (e-book)

1. Computação. 2. Tecnologia. 3. Avanços científicos. I.
Sociedade Brasileira de Computação. II. Título. III. Santos, André Luis
de Medeiros. IV. Wagner, Flávio Rech.

CDU 06.055.6

GRANDES DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO

2025-2035

Resumo Executivo

1. Introdução e Histórico	6
2. Desafios científicos e tecnológicos	10
2.1. Promoção da evolução responsável de Inteligência Artificial e tecnologias correlatas, mitigando seus riscos e ampliando seus benefícios tecnológicos, socioeconômicos e culturais	12
2.2. Desenvolvimento da Cibersegurança frente aos riscos da transição quântica, da Inteligência Artificial e de aspectos humanos	15
2.3. Desenvolvimento de tecnologias quânticas para a construção de redes seguras, soluções computacionais de alto desempenho e sistemas de sensoriamento de grande precisão	18
2.4. Acesso universal e significativo à Internet através do desenvolvimento sustentável, resiliente e seguro de infraestruturas ubíquas de comunicação	21
2.5. Redução do impacto socioambiental no desenvolvimento e uso de aplicações por meio de computação sustentável	24
2.6. Construção de ecossistemas computacionais éticos, inclusivos, interdisciplinares e sustentáveis para a promoção da participação e da equidade social	27
3. Formação de recursos humanos	32
4. Recomendações Gerais	34

1. Introdução e Histórico

No início dos anos 2000, tivemos as primeiras iniciativas internacionais para a definição de Grandes Desafios da Computação realizadas por importantes sociedades internacionais. Destacam-se iniciativas da National Science Foundation e da Computing Research Association nos Estados Unidos, em 2002, e a da CRC/BCS no Reino Unido, em 2004, resultando em desafios com foco em pesquisa e em educação.

A SBC organizou em 2006, em São Paulo, seu primeiro evento para definir Grandes Desafios da Computação, para um período de 10 anos. Neste seminário foram definidos cinco desafios, que se mostraram, ao mesmo tempo, precisos e abrangentes em sua visão do futuro da Computação, tendo servido de base para os eventos posteriores:

1. *Gestão da informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos;*
2. *Modelagem computacional de sistemas complexos artificiais, naturais e socioculturais e da interação homem-natureza;*
3. *Impactos para a área da Computação da transição do silício para novas tecnologias;*
4. *Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento;*
5. *Desenvolvimento tecnológico de qualidade: sistemas disponíveis, corretos, seguros, escaláveis, persistentes e ubíquos.*

O seminário evidenciou que o tratamento dos desafios estabelecidos exigia competências multidisciplinares e trabalho colaborativo. A discussão dos perfis de formação de recursos humanos necessários e a integração com a indústria também foram identificados como elementos essenciais para abordar esses desafios. Também ficou claro que deveríamos buscar atingir parâmetros internacionais na pesquisa, observadas as restrições e limitações que se impõem em um país como o Brasil.

A definição dos Grandes Desafios da SBC impactou grande parte da comunidade de pesquisadores, principalmente

através das discussões e documentos elaborados. Os Grandes Desafios foram, por exemplo, o tema do Congresso da SBC de 2008.

Os Grandes Desafios também influenciaram editais de órgãos de fomento, como o CNPq e a FAPESP. O CNPq lançou um edital em 2007 com foco na seleção de projetos baseados nos temas definidos no evento de 2006, com recursos da ordem de R\$ 9 milhões. Também em 2007 foi lançado um edital pelo Instituto Virtual FAPESP-Microsoft, com base no quarto desafio, tratando de acessibilidade e acesso universal e participativo do cidadão brasileiro ao conhecimento.

Como desdobramentos deste primeiro seminário tivemos a realização, em 2008, de outro evento semelhante, mas com escopo ampliado para toda a América Latina, com apoio da Microsoft e do Centro Latinoamericano de Estudios en Informática (CLEI). O Workshop CharLA - Grand Challenges in Computer Science Research in Latin America contou com a participação de 25 pesquisadores de diversos países e nele foram definidos desafios com foco na América Latina.

O segundo evento nacional com foco nos Grandes Desafios foi realizado em 2009, em Manaus, e teve participação da indústria, da comunidade científica e de empresas governamentais, com o objetivo de mapear os Grandes Desafios para domínios de aplicação e conectar pesquisadores com o governo e a indústria, buscando fomentar projetos colaborativos entre esses setores.

O terceiro evento foi realizado em duas fases: a primeira fase ocorreu em São Paulo, em 2013, na Confederação Nacional da Indústria (CNI); e a segunda fase na UFRJ, em 2014. Os eventos buscaram identificar parcerias entre governo-indústria-academia, nos domínios de Sistema Bancário/Financeiro, Petróleo, Energia, Defesa Cibernética, Saúde, Educação e Mobilidade.

O Seminário dos Grandes Desafios da Computação de 2024 teve uma chamada pública de trabalhos, com o esta-

selecção preliminar de seis temas prioritários: Inteligência Artificial, Ciência de Dados, Computação Quântica, Cibersegurança, Ubiquidade da Internet e Computação Sustentável.

Foi estabelecido que o Seminário também se dedicaria à relação entre os Grandes Desafios e os impactos socioeconômicos da Computação, tais como os aspectos éticos das soluções computacionais, o combate à desinformação e o fortalecimento da inovação e do empreendedorismo tecnológico.

2. Desafios científicos e tecnológicos

Esta seção apresenta os Grandes Desafios da Computação, organizados em seis grandes temas, correspondentes aos seis grupos nos quais o Seminário foi organizado.

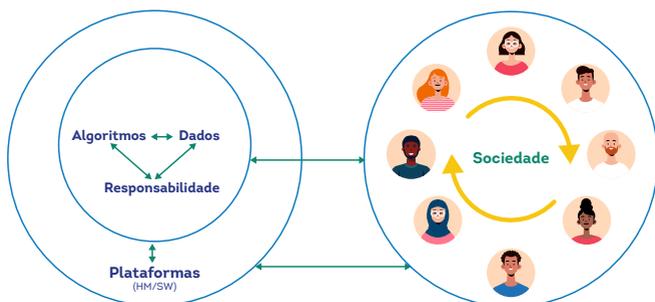


Figura 1 • Visão de alto nível que simboliza os principais focos dos Grandes Desafios descritos neste documento: dados, algoritmos, plataformas computacionais, e a sociedade como um todo.

A Figura 1 acima dá uma visão geral do relacionamento entre os grandes temas envolvidos nos Grandes Desafios da Computação. Algoritmos atuam sobre dados e geram novos dados e algoritmos, sempre de forma responsável, na engenharia dos dados e na concepção de algoritmos. Algoritmos e dados são processados em plataformas de software e hardware, destacando-se a necessidade de pesquisa em sistemas sustentáveis que economizem energia e a emergência da computação quântica. A sociedade influencia e interage com algoritmos, dados e plataformas, e por eles é influenciada, tendo acessibilidade como princípio para promover inclusão e equidade. Desenvolvimento e interações entre algoritmos e dados (e destes com plataformas e a sociedade) devem ser regidos por ética e responsabilidade. Interligações e comunicação entre plataformas, dados, algoritmos e a sociedade estão sujeitas a novos mecanismos de cibersegurança em todos os níveis, inclusive sociais. O termo “sociedade” é visto sob sua forma mais ampla, incluindo pesquisadores e profissionais de Computação, pesquisadores de todos os outros domínios do conhecimento, governantes, políticos, administradores de entidades de ensino e pesquisa, sociedades científicas, público em geral e os demais atores do complexo ecossistema mun-

dial que gera, utiliza e contribui para o aprimoramento dos resultados de pesquisa em Computação. Todo esse ecossistema funciona em círculos virtuosos, que consideram revoluções causadas pela Inteligência Artificial e o rompimento de paradigmas que surgem com tecnologias disruptivas.

2.1. Promoção da evolução responsável de Inteligência Artificial e tecnologias correlatas, mitigando seus riscos e ampliando seus benefícios tecnológicos, socioeconômicos e culturais

Este desafio é motivado pela intensa disseminação e uso crescente da Inteligência Artificial (IA) e tecnologias associadas para apoiar atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação (PD&I) nos mais variados setores da sociedade. Como as atividades de PD&I na área de IA combinam vários aspectos, como curadoria e gestão de dados, concepção e implementação de algoritmos, modelos e sistemas, e infraestruturas especializadas para sua execução, é cada vez mais urgente e pertinente a realização de pesquisas de ponta nesses eixos. O crescimento na abrangência e no uso da IA faz com que esse desafio se desdobre em um conjunto de desafios. Além disso, por seu caráter multidisciplinar, as atividades de PD&I na área de IA afetam e demandam a cooperação com pesquisadores de outros domínios da Computação, além de outras áreas do conhecimento. Na gestão de dados, ciência e engenharia de dados se complementam no enfrentamento de questões de heterogeneidade, curadoria, proveniência e qualidade. A concepção e a implementação de sistemas de IA precisam considerar confiabilidade, escalabilidade, explicabilidade e robustez, sempre buscando maior controle humano e previsibilidade. Plataformas de hardware e software precisam ser eficientes e versáteis, compatíveis com a demanda dos atuais e futuros sistemas, ao mesmo tempo em que buscam encontrar um bom compromisso entre desempenho, escalabilidade e sustentabilidade. Outro desafio diz respeito aos riscos associados ao desenvolvimento e uso dos modelos e sistemas

de IA de propósito geral, que, dada sua elevada capacidade, devem ser compreendidos tanto para evitar o mau uso da IA como para aumentar os seus benefícios. Isso demanda o apoio a pesquisas de técnicas para prevenir e eliminar, ou reduzir, os possíveis riscos. Finalmente, todos esses desafios devem ser considerados sob os requisitos da IA responsável, em que componentes e sistemas de IA respeitem princípios éticos e valores humanos ao longo do seu ciclo de vida: concepção, desenvolvimento, implantação, uso e monitoramento.



Principais subdesafios

Desenvolver soluções para questões de heterogeneidade, qualidade e proveniência de dados a partir das perspectivas de Ciência e Engenharia de Dados

Projetar e implementar algoritmos extensíveis e adaptáveis para construção de ferramentas de IA

Conceber e desenvolver novas plataformas de sistemas computacionais que acomodem as demandas do uso de sistemas IA, face à crescente demanda de recursos computacionais

Adotar estratégias computacionais e sociotécnicas visando Inteligência Artificial responsável



Recursos Humanos

A Inteligência Artificial (IA) já começou a impactar o desenvolvimento em todos os setores da economia. Países que conseguirem formar e atrair profissionais qualificados para desenvolver e suas adequadamente as várias técnicas de IA, e aplicar em soluções para beneficiar a sociedade, estarão na vanguarda dessa nova revolução tecnológica, assim como poderão garantir a sua soberania nacional.

Ações para formação de RH:

1. *Criar programas nacionais de formação em IA, CD e ED, sempre incluindo a necessidade de práticas éticas e responsáveis.*
2. *Incentivar a pesquisa aplicada em problemas nacionais.*
3. *Investir massivamente na formação de jovens talentos, para atuar na solução dos problemas nacionais.*

**Recomendações****Para todos os setores:**

1. *Considerar que IA é uma subárea da Computação e não uma área independente, de modo que questões como regulamentação, utilização adequada e aplicação de sistemas e algoritmos de IA devem sempre ser resolvidas com a participação ativa de pesquisadores e especialistas nos aspectos relevantes da Computação.*
2. *Considerar que várias outras subáreas da Computação são inerentemente relacionadas com o projeto, implementação e utilização eficaz e eficiente de sistemas de IA, como, por exemplo, bancos de dados e processamento paralelo e distribuído.*

Para os Setores Público e Produtivo e as Agências de Fomento:

1. *Entender que, apesar da ubiquidade e aceitação da IA para auxiliar a solução de problemas em várias áreas e setores, ela nem sempre é o caminho mais adequado, havendo soluções computacionais muitas vezes mais práticas e menos custosas.*
2. *Reconhecer o alto custo energético de certos algoritmos de IA e suas consequências para o aquecimento global.*

Para as Universidades, o Setor Produtivo e as Sociedades científicas:

1. *Envolver equipes multidisciplinares para o estudo e propostas de soluções para problemas que envolvam grandes volumes de dados e que exijam soluções eficientes usando IA.*

Para as Agências de Fomento:

1. *Montar comitês com composição multidisciplinar para avaliação de projetos envolvendo IA e tecnologias correlatas, para melhor avaliar todos os aspectos das propostas - sempre incluindo a avaliação de pesquisadores nas áreas-alvo e também de especialistas em Computação quanto à exequibilidade da solução proposta.*

2.2. Desenvolvimento da Cibersegurança frente aos riscos da transição quântica, da Inteligência Artificial e de aspectos humanos

A área de Cibersegurança envolve métodos e ferramentas para detectar, monitorar, prevenir e mitigar tentativas de ataque contra sistemas computacionais. Assim, a área é crucial para enfrentar a evolução constante das ameaças digitais, com ataques sofisticados e vazamentos de dados explorando vulnerabilidades nas mais diversas tecnologias. Não por acaso, países que apresentam uma ampla infraestrutura tecnológica têm sido taxativos em colocar a formação de profissionais na área como uma prioridade para garantir a segurança nacional e de todos os setores da sociedade. No Brasil, e seguindo exemplos internacionais, essa necessidade levou a Comissão Especial de Cibersegurança (CESeg) da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) a desenvolver em 2023 um documento contendo Referenciais de Formação do Curso de Bacharelado em Cibersegurança, com o objetivo específico de promover uma formação sólida e especializada na área.

É com base nessa visão ampla da Cibersegurança que neste documento são apresentados os principais desafios de pesquisa e inovação na área. Mais precisamente, a discussão se apoia nos eixos temáticos definidos nos referenciais de formação mencionados, a saber: Segurança de Dados, Segurança de Sistemas, Segurança de Conexão, Segurança de Software, Segurança de Componentes, Segurança Organizacional, Fatores Humanos em Segurança, e Segurança e Sociedade. Os principais desafios identificados podem ser

assim sumarizados: a cibersegurança frente às evoluções na Computação Quântica, que podem afetar de forma crítica a confiabilidade de algoritmos criptográficos amplamente utilizados em sistemas de comunicação e na Internet; garantir a segurança de tecnologias emergentes, em particular na construção e operação de sistemas inteligentes, evitando que seus benefícios sejam ofuscados pelos riscos a eles inerentes; e a necessidade de reduzir os riscos de segurança decorrente da interação de humanos com sistemas computacionais, por decisões e comportamentos que levam a violações de segurança de forma acidental ou intencional.



Principais subdesafios

Preparar os sistemas computacionais para a transição quântica, com algoritmos e protocolos resistentes a ataques feitos via computadores quânticos

Promover a evolução da Inteligência Artificial e da Ciência de Dados em um contexto de ameaças, mitigando riscos conhecidos e desconhecidos associados a essas tecnologias emergentes

Integrar e consolidar fatores humanos na cibersegurança: da educação dos usuários e desenvolvedores à usabilidade no projeto dos sistemas de proteção



Recursos Humanos

O domínio de conceitos e técnicas de Cibersegurança é crucial para enfrentar a evolução constante das ameaças digitais, com ataques sofisticados e vazamentos de dados explorando vulnerabilidades nas mais diversas tecnologias. Por esta razão, países que apresentam uma ampla infraestrutura tecnológica têm sido taxativos em colocar a formação de profissionais na área como uma prioridade para garantir a segurança nacional e de todos os setores da sociedade. Apenas no Brasil, o déficit estimado de profissionais especializados no ano de 2024 estaria entre 140 e 750 mil.

Ações para formação de RH:

1. *Estabelecer cursos especializados, seguindo documentos como os Referenciais de Formação do Curso de Bacharelado em Cibersegurança desenvolvidos pela Comissão Especial de Cibersegurança (CESeg) da Sociedade Brasileira de Computação (SBC).*
2. *Promover educação continuada em Cibersegurança.*
3. *Reforçar a educação, conscientização e formação de pessoal em Cibersegurança, com foco especial nas áreas críticas relacionadas aos desafios aqui apresentados.*



Recomendações

Para o Setor Público:

1. *Dar atenção a questões de Cibersegurança na construção de regulamentações envolvendo a área de Computação: no mínimo, novas regras não devem fragilizar ou dificultar mecanismos de segurança; idealmente, novas regras devem reforçar aspectos de Cibersegurança desde sua concepção.*
2. *Envolver a comunidade científica na construção de propostas de regulamentação e planos estratégicos sobre tecnologia, facilitando a incorporação do estado-da-arte a essas propostas.*
3. *Promover a participação de pessoas, entidades e órgãos brasileiros na proposta, construção e análise de padrões internacionais vinculados aos desafios aqui apresentados.*

Para todos os setores:

1. *Promover a interação entre a academia e representantes do mercado e da sociedade civil, a fim de estimular a pesquisa científica e a inovação na área de Cibersegurança.*
2. *Criar um repositório brasileiro de dados de Cibersegurança, no intuito de estimular a indústria e órgãos governamentais a compartilhar informações úteis para a construção e otimização de soluções em conjunto com a comunidade científica.*

2.3. Desenvolvimento de tecnologias quânticas para a construção de redes seguras, soluções computacionais de alto desempenho e sistemas de sensoriamento de grande precisão

As tecnologias quânticas enfrentam desafios cruciais em hardware, software e infraestrutura. O desenvolvimento de hardware nacional para computação e comunicação quântica é essencial para garantir a soberania tecnológica. Isso inclui superar limitações como a suscetibilidade de qubits a ruídos, escalabilidade e fidelidade, além de criar componentes como repetidores e roteadores quânticos para habilitar uma comunicação quântica eficiente. Em redes quânticas, a falta de protocolos maduros e de uma pilha de rede integrada que permita conexões transparentes entre camadas representa um entrave significativo. Simultaneamente, a cibersegurança está sob ameaça, com a necessidade urgente de desenvolver criptografia resistente a computadores quânticos, que em breve poderão comprometer sistemas baseados em algoritmos como RSA e ECDSA. Outro ponto crítico é a formação de recursos humanos capacitados. A pesquisa e o desenvolvimento em tecnologias quânticas demandam profissionais com expertise interdisciplinar em física, computação e engenharia. Isso requer não apenas currículos específicos durante a graduação, mas também esforços para aumentar o interesse pela área, dada a complexidade de seus conceitos.

Além disso, a criação de programas de pós-graduação, parcerias internacionais e investimentos em laboratórios são fundamentais para consolidar uma base de conhecimento robusta. O Brasil precisa de um plano nacional para infraestrutura quântica, capaz de viabilizar experimentos e aplicações de impacto global, incluindo a expansão das atuais redes metropolitanas que começam a ser desenvolvidas. Para isso, é essencial articular esforços entre governo, academia e setor empresarial, garantindo financiamento contínuo, políticas públicas adequadas e incentivos para inovação. A abordagem dessas questões é fundamental para posicionar o Brasil como líder em tecnologias quânticas e responder às crescentes demandas globais por avanços nessa área estratégica.



Principais subdesafios

Garantir a soberania nacional no desenvolvimento de componentes de hardware para o uso em aplicações quânticas

Desenvolver algoritmos para a Computação Quântica

Desenvolver uma rede quântica nacional para viabilizar a Internet Quântica no Brasil



Recursos Humanos

A Computação Quântica promete transformar a resolução de problemas complexos. A pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias quânticas requerem profissionais com uma forte formação interdisciplinar, envolvendo Física Quântica, Computação e Eletrônica. Um consenso entre os profissionais da área é que essa formação deve ser adquirida durante a graduação em cursos especificamente voltados para esse domínio tecnológico.

Ações para formação de RH:

1. *Expandir programas de ensino e formação em computação e redes quânticas, garantindo que o Brasil tenha profissionais capacitados para atuar no setor.*
2. *Criar cursos especializados que integrem Computação, Física e Eletrônica.*



Recomendações

Para todos os setores:

1. *Promover o desenvolvimento de uma infraestrutura nacional para redes e computação quântica, garantindo que o Brasil acompanhe os avanços internacionais e possa contribuir ativamente para o setor.*
2. *Incentivar políticas e investimentos que viabilizem a transição da pesquisa teórica para aplicações práticas em computação e comunicação quântica.*

3. *Criar programas de conscientização e disseminação do conhecimento sobre tecnologias quânticas, reduzindo a barreira de entrada e facilitando a formação de especialistas na área.*

Para o Setor Público e as Agências de Fomento:

1. *Estabelecer programas de financiamento contínuo e estratégico para pesquisa e inovação em computação e redes quânticas, com foco em hardware, software e protocolos de comunicação.*
2. *Criar centros de pesquisa e inovação em tecnologias quânticas em parceria com universidades e empresas, promovendo a colaboração entre diferentes setores.*
3. *Desenvolver marcos regulatórios e políticas públicas que incentivem a adoção segura e eficiente de tecnologias quânticas, incluindo normas para cibersegurança e privacidade.*
4. *Priorizar investimentos em infraestrutura de redes quânticas nacionais, incluindo a construção de uma rede de comunicações quânticas segura e a criação de um ecossistema tecnológico sustentável.*

Para o Setor Produtivo e as Agências de Fomento:

1. *Estimular a participação da indústria no desenvolvimento de tecnologias quânticas, promovendo a transferência de conhecimento entre a academia e o setor empresarial.*
2. *Investir em pesquisa aplicada para a criação de soluções quânticas voltadas para setores estratégicos, como telecomunicações, finanças, saúde e defesa.*
3. *Criar incentivos para startups e empresas inovadoras que desenvolvam tecnologias quânticas no Brasil, garantindo competitividade global e independência tecnológica.*
4. *Explorar sinergias entre computação clássica e quântica, permitindo a adoção gradual dessas tecnologias sem comprometer a eficiência dos sistemas já implementados.*

Para as Universidades e Sociedades Científicas:

1. *Criar laboratórios e centros de pesquisa colaborativos para o desenvolvimento de novos algoritmos, arquiteturas de hardware e aplicações para computação e comunicação quântica.*

2. *Incentivar a pesquisa multidisciplinar, integrando áreas como Física, Computação, Engenharia e Matemática para acelerar avanços científicos e tecnológicos.*
3. *Fortalecer colaborações internacionais e parcerias acadêmicas para acesso a equipamentos de última geração e compartilhamento de conhecimento com centros de excelência globais.*

2.4. Acesso universal e significativo à Internet através do desenvolvimento sustentável, resiliente e seguro de infraestruturas ubíquas de comunicação

A ubiquidade da Internet transformou profundamente a forma como a sociedade se comunica, acessa informações e realiza atividades essenciais. No entanto, essa expansão não ocorreu de maneira uniforme, e muitos desafios ainda precisam ser superados para garantir um acesso equitativo e sustentável. A falta de infraestrutura adequada em regiões remotas e economicamente desfavorecidas impede que milhões de pessoas se beneficiem das oportunidades proporcionadas pela conectividade digital. Além disso, o crescimento acelerado do número de dispositivos conectados impõe desafios significativos de escalabilidade e interoperabilidade, exigindo soluções inovadoras para redes mais eficientes e acessíveis.

Outro grande desafio está relacionado à sustentabilidade das infraestruturas de rede e ao alto consumo energético associado ao funcionamento contínuo de data centers, redes de comunicação e dispositivos conectados. O aumento da digitalização global exige a implementação de soluções energéticas mais eficientes e práticas que minimizem os impactos ambientais. Paralelamente, a acessibilidade e a usabilidade das tecnologias continuam sendo barreiras para grupos com deficiências ou com baixa alfabetização digital, tornando essencial o desenvolvimento de soluções inclusivas e adaptáveis a diferentes perfis de usuários.

Por fim, a segurança e a privacidade dos usuários são preocupações centrais na era da conectividade ubíqua. O crescimento das ameaças cibernéticas, como vazamentos de dados e ataques a infraestruturas críticas, coloca em risco a integridade dos sistemas e a confiança digital. O desenvolvimento de mecanismos robustos de proteção, aliados a regulamentações eficazes e ao fortalecimento da conscientização dos usuários, é indispensável para garantir um ambiente seguro e resiliente. Superar esses desafios é essencial para que a Internet continue a desempenhar seu papel como uma ferramenta de inclusão social, inovação e progresso econômico.



Principais subdesafios

Implantar e promover acesso universal à infraestrutura capitalizada

Implementar e implantar sensores como plataforma para aplicações nacionais em extensas áreas geográficas

Gerenciar comunicações verdes e sustentáveis

Promover uma infraestrutura de Internet segura

Implementar meios de computação e comunicação resilientes



Recursos Humanos

O desenvolvimento de acesso universal e significativo à Internet requer profissionais com sólida formação em habilidades relacionadas a infraestruturas computacionais, incluindo sistemas operacionais, redes de comunicação, sistemas distribuídos e segurança da informação. É fundamental reconhecer que esses tópicos, de natureza mais tecnológica, estão em constante evolução, com ciclos que variam de meses a poucos anos.

Ações para formação de RH:

1. *Focar a formação em fundamentos de infraestrutura computacional, como arquiteturas, mecanismos, protocolos e tecnologias-chave.*
2. *Oferecer projetos integradores durante a graduação.*
3. *Integrar o estudo de novas tecnologias em disciplinas eletivas, cursos de extensão, tutoriais e minicursos oferecidos em simpósios.*



Recomendações

Para o Setor Público:

1. *Implantação de Redes em Áreas Remotas: Criar programas nacionais voltados à implantação de redes de acesso em regiões remotas com baixa ou nenhuma conectividade, em colaboração com entidades como o CGI.br, RNP e MCTI.*
2. *Mecanismos de Monitoramento e Avaliação: Estabelecer sistemas para coleta e análise de métricas de desempenho que permitam acompanhar a evolução da universalidade do acesso, garantindo a mensuração da qualidade e cobertura das redes implantadas. Um observatório sobre a ubiquidade da Internet do Brasil poderia ser estabelecido.*
3. *Incentivos para Infraestrutura Sustentável: Promover programas de migração e implantação de redes sustentáveis, com foco na eficiência energética e na redução do impacto ambiental das infraestruturas digitais. Programas governamentais focados em isenções fiscais para organizações proprietárias de redes que pretendam reduzir o impacto ambiental a partir da modernização de suas estruturas poderiam ser considerados.*

Para as Agências de Fomento:

1. *Apoio à Pesquisa em Redes Sustentáveis: Financiar pesquisas voltadas ao desenvolvimento de soluções tecnológicas que promovam redes sustentáveis e energeticamente eficientes, incluindo novos protocolos e arquiteturas.*
2. *Fomento à Inovação em IoT e Redes de Sensores: Incentivar o uso e a pesquisa multidisciplinar em tecnologias*

de redes de sensores que integrem dispositivos IoT, possibilitando aplicações em diferentes setores, como saúde, agricultura e indústria.

Para as Universidades:

- 1. Letramento Digital e Inclusão: Desenvolver programas de letramento digital para populações vulneráveis, garantindo acesso seguro e significativo à Internet, com ênfase em habilidades digitais básicas e avançadas.*
- 2. Desenvolvimento de Tecnologias de Rede: Priorizar pesquisas em infraestrutura de redes para áreas remotas e tecnologias que viabilizem maior alcance e escalabilidade em regiões com recursos limitados.*

Para as Sociedades Científicas e outras Organizações Relevantes:

- 1. Promoção de Boas Práticas: Disseminar boas práticas e diretrizes para a implantação e operação de redes sustentáveis e acessíveis. Cartilhas coorganizadas por SBC, SBrT, LARC, CGI.br e RNP seriam um resultado importante.*
- 2. Eventos e Colaborações: Organizar conferências e workshops para promover a troca de conhecimentos e experiências sobre soluções inovadoras para os desafios da ubiquidade da Internet.*

2.5. Redução do impacto socioambiental no desenvolvimento e uso de aplicações por meio de computação sustentável

Estima-se que as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) sejam responsáveis por aproximadamente 5% a 6% do consumo global de energia elétrica. O uso crescente da Computação em diversos setores da atividade humana, somado à disseminação de tecnologias com alto consumo energético – como Inteligência Artificial e criptomoedas –, transforma o controle das emissões e do consumo energético em um desafio fundamental para os próximos anos. O aumento do uso de tecnologias de Blockchain e de Inteligência Artificial

poderá fazer com que o consumo de energia por data centers passe de 460 TWh (2% da demanda global em 2022) para o dobro até 2026; um aumento na demanda global de energia equivalente à adição de ao menos uma Suécia e no máximo uma Alemanha.

Tal tendência é insustentável. Não só a Computação passa a ser um dos grandes responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa mundiais como também torna o acesso a essas novas tecnologias restrito àqueles que tiverem condições econômicas e políticas de prover e ter acesso à tamanha quantidade de energia. Países emergentes como o Brasil podem ser incapazes de aumentar a produção e distribuição de energia em tempo hábil e ter seu acesso a essas tecnologias limitado, aumentando a exclusão digital e prejudicando a soberania digital do país.

O substrato de hardware do qual a Computação depende é basicamente regido por poucas empresas. Alterações neste hardware fabricado em escala mundial são extremamente difíceis. Resta portanto ao software a tarefa de diminuir o consumo energético, fazendo mais com menos. Isto requer a introdução de uma nova variável (a energia) no processo de produção de software, e exige a compreensão das fontes de consumo energéticas de um programa, coisas que a comunidade de Computação não está habituada. Reduzir o impacto energético da Computação é um grande (e urgente) desafio, que envolve um trabalho de otimização em várias camadas, desde o desenvolvimento das aplicações até a sua execução em plataformas de computação.



Principais subdesafios

Desenvolver algoritmos energeticamente eficientes

Incentivar métodos de programação conscientes

Criar novas formas de automação inteligente para apoiar o processo de desenvolvimento

Desenvolver hardware e software especializados

Incorporar sustentabilidade às métricas de desempenho para Computação de Alto Desempenho

Recursos Humanos

Para a construção de ecossistemas computacionais exibindo baixo consumo de energia e sustentabilidade é necessário contemplar conteúdos estratégicos que incluem as origens do consumo de energia e seu impacto no projeto de algoritmos e sistemas computacionais. Esta não é uma tarefa fácil, pois muitos professores também não estão devidamente treinados para explicar os conceitos envolvidos. Uma atualização de currículo, mas, sobretudo, dos próprios professores deve ser tentada.

Ações para formação de RH:

3. *Incluir nas ementas de diferentes disciplinas a sustentabilidade da Computação como uma medida de desempenho a ser otimizada.*
4. *Oferecer capacitação docente em energia e sustentabilidade.*
5. *Realizar treinamento por meio de encontros e escolas de computação, como as organizadas pela SBC, por exemplo, em sucessivos JAIs, que atendam a diferentes aspectos envolvidos, como origem do consumo, programação visando ao baixo consumo e estratégias de automação.*

Recomendações

Para todos os setores:

1. *Conscientizar a sociedade que o uso de tecnologias de informação e comunicação possui um custo ambiental associado que contribui significativamente para as mudanças climáticas. Para isso, é necessário tornar esses custos mensuráveis e disponibilizar as informações sobre esses custos publicamente.*

Para o Setor Público:

1. *Elaborar políticas públicas que auxiliem o setor produtivo a ter acesso à informação necessária para implementar inovações que levem à redução das emissões de gases do efeito estufa e do consumo de energia.*

2. *Expandir a geração de energia elétrica por fontes renováveis para que o crescente consumo energético das tecnologias de informação e comunicação não resulte em maiores emissões de gases de efeito estufa.*

Para as Agências de Fomento:

1. *Fomentar a pesquisa científica básica e a inovação tecnológica voltadas ao desenvolvimento de aplicações mais sustentáveis.*

Para o Setor Produtivo:

1. *Incluir a redução do impacto ambiental do uso de Computação pelas empresas em iniciativas de governança ambiental, social e corporativa (Environmental, social, and corporate governance – ESG).*

2.6. Construção de ecossistemas computacionais éticos, inclusivos, interdisciplinares e sustentáveis para a promoção da participação e da equidade social

A construção de ecossistemas computacionais éticos, inclusivos, interdisciplinares e sustentáveis é crucial para promover a participação social e a equidade. Esses ecossistemas devem alinhar princípios éticos, diversidade cultural e inclusão digital, utilizando metodologias participativas e mecanismos de interação centrados no usuário para criar tecnologias adaptáveis e impactantes. Além de combater a desinformação, essas iniciativas devem apoiar políticas públicas baseadas em evidências e assegurar que as soluções respeitem as diversidades regionais e culturais, permitindo o empoderamento de comunidades e indivíduos por meio da redução de desigualdades e do fortalecimento da cidadania digital.

O enfrentamento desse desafio exige esforços interdisciplinares que integrem subáreas da computação como Inteligência Artificial, Interação Humano-Computador, Ciência de

Dados e Ética em Computação, além de contribuições de outras áreas como Ciências Sociais, Filosofia e Educação. Linhas de investigação incluem auditoria algorítmica, design centrado em valores e personalização de sistemas para diferentes públicos, como crianças, idosos e pessoas com baixa alfabetização digital. Essas iniciativas buscam criar soluções tecnológicas acessíveis, inclusivas e ajustadas às necessidades dos usuários, garantindo a ética e a responsabilidade no uso de dados e algoritmos.

Além disso, o desenvolvimento de estratégias para monitorar e mitigar os impactos sociais das tecnologias é essencial, assim como a criação de políticas públicas que assegurem transparência, segurança e equidade. Essas soluções devem abordar questões como o combate à desinformação, a redução da desigualdade social e o fortalecimento da inovação social e do empreendedorismo tecnológico. Plataformas digitais inclusivas podem ser ferramentas eficazes para engajar cidadãos em processos participativos, garantindo que a tecnologia seja utilizada como um meio para promover uma sociedade mais justa, conectada e sustentável.



Principais subdesafios

Criar estratégias para promoção da interdisciplinaridade para construção de soluções de computação alinhadas com as diferentes nuances socioeconômicas

Estabelecer mecanismos centrados no usuário para identificação de demandas com relevância social dos diferentes segmentos

Promover a cidadania e o letramento digital para os cidadãos participarem da sociedade por meio das tecnologias, de forma consciente e responsável

Criar soluções computacionais baseadas em interação natural alinhadas com inclusão digital, diversidades regionais/culturais e características específicas de grupos como crianças, adolescentes, idosos e analfabetos funcionais

Criar estratégias para mapear e monitorar as implicações das soluções computacionais na sociedade de forma descentralizada e independente de plataforma

Participar efetivamente da construção de políticas públicas para garantir a equidade, a responsabilização, a transparência e a ética do uso de soluções computacionais na sociedade



Recursos Humanos

Para a construção de ecossistemas computacionais éticos, inclusivos, interdisciplinares e sustentáveis, é necessário ampliar as abordagens educacionais para contemplar conteúdos estratégicos que incluem temas como ética e de responsabilidade social, interdisciplinaridade, inclusão digital e diversidade, cidadania e letramento digital, inovação social, comunicação e colaboração.

Ações para formação de RH:

1. *Incluir disciplinas e conteúdos que abordem Ética em Computação, inclusão digital, metodologias participativas e impactos sociais das tecnologias.*
2. *Estimular a reflexão crítica sobre o papel da Computação na sociedade.*
3. *Criar programas que integrem diferentes áreas do conhecimento, como computação, ciências humanas e saúde, para resolver problemas sociais complexos.*
4. *Desenvolver projetos integrados que envolvam alunos de diferentes áreas de conhecimento.*
5. *Incentivar a extensão universitária para promover o letramento digital.*
6. *Incorporar conteúdos sobre diversidade cultural e regional e o impacto das tecnologias em diferentes contextos socioeconômicos.*
7. *Promover o ensino de estratégias para combater a desinformação e garantir o uso seguro e consciente das tecnologias.*

8. *Promover o ensino de habilidades de comunicação para articular o impacto de soluções tecnológicas para diferentes públicos.*



Recomendações

Para o Setor Público:

1. *Elaboração de Políticas Públicas Inclusivas: Formular e implementar políticas que garantam o acesso universal às tecnologias, promovendo infraestrutura digital em regiões marginalizadas e incentivos para iniciativas de inclusão digital.*
2. *Regulamentação Ética: Criar e reforçar regulamentações que assegurem transparência, responsabilidade e equidade no uso de dados e algoritmos, combatendo vieses e práticas discriminatórias.*
3. *Fomento à Educação Digital: Investir em programas de letramento digital e cidadania digital para capacitar a população a utilizar tecnologias de forma consciente e responsável.*

Para as Agências de Fomento:

1. *Fomento à Pesquisa Interdisciplinar: Priorizar financiamentos para projetos que integrem áreas como Computação, Ciências Sociais, Saúde e Educação, com foco em soluções éticas, inclusivas e sustentáveis.*
2. *Apoio à Inovação com Impacto Social: Criar editais específicos para iniciativas tecnológicas que atendam demandas sociais, promovam inclusão e respeitem a diversidade cultural e regional.*

Para o Setor Produtivo:

1. *Investimento em Tecnologia Ética: Adotar práticas que garantam o desenvolvimento de soluções tecnológicas alinhadas a princípios éticos e que promovam a inclusão e equidade.*

2. *Parcerias para Inovação Social: Estabelecer colaborações com universidades e instituições de pesquisa para desenvolver produtos que atendam às necessidades sociais e culturais dos usuários.*
3. *Adoção de Diversidade: Implementar políticas de inclusão no ambiente corporativo, promovendo a diversidade de gênero, raça, idade e região, tanto em equipes quanto em produtos.*
4. *Responsabilidade Social Corporativa: Investir em projetos de impacto social, como capacitação em letramento digital, e apoiar iniciativas voltadas à redução da exclusão digital.*
- 5.

Para as Universidades:

1. *Pesquisa Aplicada: Incentivar projetos que desenvolvam soluções práticas para os desafios de inclusão digital, governança de dados e impacto ético das tecnologias.*
2. *Extensão Universitária: Desenvolver ações de extensão que levem conhecimento tecnológico a comunidades vulneráveis, promovendo inclusão e capacitação digital.*

Para as Sociedades Científicas:

1. *Sensibilização: Atuar como intermediárias entre pesquisadores, setor público e privado para destacar a importância da inclusão e impacto social no desenvolvimento tecnológico.*
2. *Promoção de Eventos: Organizar congressos, seminários e workshops para debater os desafios inclusivos da computação, promovendo a troca de conhecimentos interdisciplinares.*
3. *Estímulo à Colaboração: Facilitar redes de pesquisa que conectem cientistas de diferentes áreas e países para abordar desafios globais relacionados à tecnologia e sociedade.*
4. *Comunicação Científica: Produzir materiais acessíveis para o público geral sobre os impactos positivos e negativos das tecnologias, fomentando o letramento digital e o uso consciente das tecnologias.*

3. Formação de recursos humanos

A formação de recursos humanos em Computação é um fator crítico para o enfrentamento dos desafios tecnológicos e sociais do Brasil nas próximas décadas. O fortalecimento de uma educação interdisciplinar, inclusiva e alinhada às demandas globais é essencial para posicionar o país como um líder em inovação e desenvolvimento tecnológico. A Computação permeia praticamente todos os setores da sociedade, e sua evolução requer profissionais com conhecimentos interdisciplinares, capazes de desenvolver soluções inovadoras que respondam às necessidades tecnológicas emergentes.

A seguir, são apresentados alguns desafios e recomendações transversais que permeiam as áreas dos seis Grandes Desafios:

1. **Inovação e formação continuada** • *A velocidade dos avanços tecnológicos torna essencial a educação continuada dos profissionais de Computação. Investir em programas de capacitação, cursos especializados e parcerias entre universidades e o setor produtivo é fundamental para manter o Brasil competitivo globalmente.*
2. **Interdisciplinaridade** • *A complexidade dos problemas contemporâneos exige uma formação que integre Computação a outras áreas, como Ciências Sociais, Filosofia, Engenharias e Ciências da Saúde. Isso permite a criação de soluções mais robustas e com maior impacto social.*
3. **Inclusão digital e ética** • *A educação deve fomentar uma visão crítica sobre o impacto das tecnologias na sociedade. A formação de profissionais conscientes, comprometidos com a ética e a responsabilidade social, é indispensável.*
4. **Infraestrutura e colaboração** • *O Brasil precisa fortalecer redes de colaboração nacional e internacional para potencializar pesquisas e formação em Computação. Isso inclui investir em infraestrutura tecnológica para educação e pesquisa.*
5. **Fomento à pesquisa** • *Incentivar a pesquisa em Computação em todos os níveis acadêmicos é crucial para desenvolver soluções tecnológicas que atendam aos desafios nacionais.*

4. Recomendações Gerais

A Computação desempenhará um papel cada vez mais relevante na sociedade brasileira nos próximos anos. Para enfrentar os desafios científicos e tecnológicos que se apresentam, é fundamental uma articulação abrangente entre o setor público, as agências de fomento, o setor produtivo, as universidades e as sociedades científicas.

Abaixo são apresentadas recomendações dirigidas aos diferentes setores da sociedade, que podem nortear o avanço de todos os seis Grandes Desafios detalhados nesse documento.

Para o Setor Público:

- 1. Desenvolver políticas públicas que assegurem investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de Computação.*
- 2. Promover a inclusão digital e garantir que regulações tecnológicas contemplem boas práticas de segurança e ética.*
- 3. Incentivar parcerias público-privadas para o desenvolvimento tecnológico.*

Para as Agências de Fomento:

- 1. Estabelecer editais multidisciplinares para projetos em Computação.*
- 2. Priorizar financiamentos para pesquisas que integrem Ciências Exatas, Sociais e aplicações práticas.*
- 3. Incentivar iniciativas voltadas à sustentabilidade computacional e à inclusão digital.*

Para o Setor Produtivo:

- 1. Estimular a criação de soluções tecnológicas inovadoras alinhadas às necessidades nacionais.*
- 2. Adotar práticas éticas no desenvolvimento e utilização de tecnologias.*
- 3. Participar de colaborações com universidades para pesquisa aplicada.*

Para as Universidades:

1. *Atualizar currículos para incluir temáticas emergentes como sustentabilidade e ética em computação.*
2. *Estimular projetos interdisciplinares e parcerias com o setor produtivo.*

Para as Sociedades Científicas:

1. *Organizar eventos para disseminação de boas práticas e avanços tecnológicos.*
2. *Facilitar redes de pesquisa interdisciplinares.*
3. *Promover a conscientização sobre o impacto social das tecnologias.*

PARTICIPANTES E AUTORES DE ARTIGOS ACEITOS DO SEMINÁRIO DOS GRANDES DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO

Adenilso Simão (USP-São Carlos)

Alba Melo (UnB)

Alberto Schaeffer-Filho (UFRGS)

Aldri Santos (UFMG)

Alessandro Santos (IPT)

Alfredo Goldman (USP)

Altair Santin (PUC-PR)

Altigran Silva (UFAM)

Alvaro Fazenda (UNIFESP)

Amaury Castro Junior (UFMS)

Anarosa Brandão (USP)

André Carvalho (USP)

André Grégio (UFPR)

André Santos (UFPE)

Anelise Munaretto (UTFPR)

Anna Costa (USP)

Antônio Abelém (UFPA)

Artur Correia (USP)

Auelino Zorzo (PUC-RS)

Bruno Gadelha (UFAM)

Carla Delgado (UFRJ)

Carlos Kamienski (UFABC)

Carlos Raniery (UFSM)

Charles Gomes (UFPE)

Charles Miers (UDESC)

Claudia Cappelli (UERJ)

Claudia Medeiros (UNICAMP)

Claudia Motta (UFRJ)

Crishna Irion (UFU)

Cristiano Maciel (UFMT)

Cristina Boeres (UFF)

Daniel Batista (USP)

Daniel Cordeiro (USP)

Daniel Gatti (PUC-SP)

Denis Mauá (USP)

Dianne Medeiros (UFF)

Diêgo Kreutz (UNIPAMPA)

Diogo Mattos (UFF)

Edelberto Franco (UFJF)

Edison Ishikawa (UnB)

Edmundo Silva (UFRJ)
Edson Gomi (USP)
Eduardo Almeida (UFPR)
Eduardo Cerqueira (UFPA)
Eduardo Gomes (PUC-SP)
Eduardo Pena (UTFPR)
Elizabeth Furtado (UNIFOR)
Ellen Barbosa (USP)
Emilio Franceschini (UFABC)
Esdras Bispo Jr. (UFJ)
Eunice Nunes (UFMT)
Fabio Cozman (USP)
Fabrício Benevenuto (UFMG)
Fátima Marques (USP)
Filippo Valiante Filho (USP)
Flavia Bernardini (UFF)
Flavia Santoro (inteli)
Flávio Wagner (UFRGS)
Gabriel Nazar (UFRGS)
Geber Ramalho (UFPE)
Glaucio Santos (PCRJ, UFRJ)
Guilherme Dal Bianco (UFFS)
Humberto Marques-Neto (PUC-Minas)
Igor Moraes (UFF)
Italo Vega (PUC-SP)
Jacques Wainer (UNICAMP)
Jair Leite (UFRN)
Jean Rosa (ITI, Portugal)
Jéferson Nobre (UFRGS)
Jorge Fernandes (UnB)
José Carlos Maldonado (USP)
José Neuman (UFC)
José Palazzo Oliveira (UFRGS)
José Rezende (RNP)
José Viterbo (UFF)
Juliana França (UFRJ)
Juliano Wickboldt (UFRGS)
Julio Reis (UFV)
Jussara Almeida (UFMG)
Karina Delgado (USP)
Keylla Saes (USP)
Leila Ribeiro (UFRGS)
Leobino Sampaio (UFBA)
Leonardo Rocha (UFSJ)
Lisandro Granville (UFRGS)
Lourenco Pereira Jr (ITA)
Lucia Drummond (UFF)
Luciano Gasparly (UFRGS)
Lucy Tabuti (PUC-SP)
Luigi Carro (UFRGS)
Luiz Bittencourt (UNICAMP)
Maira Froes (UFRJ)
Marcelo Loutfi (UNIRIO)
Márcio Castro (UFSC)

Márcio Silva (UFMS)
Marcos Gonçalves (UFMG)
Marcos Simplício (USP)
Marcus Fontoura (Stone)
Maria Augusta Nunes (UNIRIO)
Michele Nogueira (UFMG)
Michelle Wingham (UNIVALI, RNP)
Miguel Campista (UFRJ)
Milene Silveira (PUC-RS)
Mirella Moro (UFMG)
Natalia Fernandes (UFF)
Oscar Paiva (Bradesco, USP)
Paulo Cunha (UFPE)
Filipe Melo (UFV)
Philippe Nauaux (UFRGS)
Rafael Kunst (UNISINOS)
Raimundo Macêdo (UFBA)
Raissa Barcellos (UERJ)
Ramon Martins (IFSC)
Renata Galante (UFRGS)
Renata Wassermann (USP)
Rodolfo Azevedo (UNICAMP)
Rodrigo Duran (IFMS)
Rodrigo Miani (UFU)
Rosa Vicari (UFRGS)
Rossana Andrade (UFC)

Rubem Saldanha (AWS)
Sarajane Peres (USP)
Sean Siqueira (UNIRIO)
Sérgio Soares (UFPE)
Silvana Rossetto (UFRJ)
Simone Cavalheiro (UFPEL)
Soraia Musse (PUC-RS)
Stefane Rodrigues (UFSCAR)
Taciana Pontual (UFRPE)
Thais Batista (UFRN)
Thiago Pardo (USP)
Vasco Furtado (UNIFOR)
Vinod Rebello (UFF)
Virgílio Almeida (UFMG)
Viviane Santos (UFSJ)
Wagner Meira Jr. (UFMG)
Washington Cunha (UFMG)
Weuerton Cordeiro (UFRGS)



Sociedade Brasileira
de Computação

www.sbc.org.br