

ANÁLISE DE IMPACTO E VIABILIDADE DA COMPUTAÇÃO CONFIDENCIAL EM SISTEMAS EM NUVEM

Palavras-Chave: COMPUTAÇÃO CONFIDENCIAL, COMPUTAÇÃO EM NUVEM, GOVERNANÇA DE TI

Autores:

MARCIO YOSHIO MATSUSHITA, FATEC AMERICANA

YURI MAXIMO, FATEC AMERICANA

Prof. Dr. JOÃO EMMANUEL D'ALKMIN NEVES (orientador), FATEC AMERICANA

INTRODUÇÃO:

A crescente utilização de serviços de nuvem tem levantado debates sobre a confidencialidade e a integridade das informações. Essa preocupação é legítima, visto que dados sensíveis são processados e armazenados em data centers compartilhados entre diversas organizações, muitas vezes com finalidades distintas e não explicitadas (Ahmad et al., 2023). Nesse contexto, a Computação Confidencial (CC) desponta como uma alternativa promissora, oferecendo novos mecanismos para mitigar falhas inerentes ao hardware e aos sistemas operacionais. Seu objetivo principal é ampliar a confiança dos usuários nos provedores de serviços, protegendo os dados durante a fase crítica de processamento.

Ainda que promissora, a CC enfrenta questionamentos quanto à sua viabilidade prática, especialmente diante dos custos e da complexidade de implantação. Mesmo com as camadas de segurança já existentes nas infraestruturas em nuvem, os dados permanecem vulneráveis no momento em que são utilizados, justamente onde a CC atua, utilizando ambientes de execução confiáveis para evitar acessos indevidos (Chen, 2022). A principal questão, sob a ótica da Governança de Tecnologia da Informação (GTI), que busca alinhar a TI aos objetivos estratégicos, gerenciar riscos e otimizar recursos, é se essa proteção adicional para dados em uso é de fato essencial, considerando os mecanismos de segurança já consolidados (Mulligan et al., 2021).

A GTI, por sua vez, estrutura-se por meio de modelos como COBIT e ITIL, organizando processos de gestão a partir de domínios como entrega de valor, controle de riscos, uso eficiente de recursos e alinhamento estratégico (Asgarkhani et al., 2021). No entanto, grande parte desses frameworks foi concebida antes da popularização da computação em nuvem e de abordagens como a CC, o que levanta questionamentos sobre sua aderência às novas exigências tecnológicas. Conforme Ahmad et al. (2023), ainda são limitadas as iniciativas que integram soluções de CC às práticas de GTI, o que pode dificultar sua adoção em larga escala e de forma estratégica.

O presente estudo propõe avaliar o desempenho e a viabilidade da CC considerando os fundamentos da GTI. Para isso, foram desenvolvidas simulações, com foco em dois aspectos principais: a influência da CC e da GTI na confiança e entrega de dados, e a preferência dos usuários por provedores com CC mesmo diante de custos adicionais.

A justificativa para este estudo reside no fato de que o impacto real da CC ainda carece de investigações mais aprofundadas, especialmente quanto à sua integração em políticas de governança. Compreender como fatores como segurança percebida e conformidade influenciam a adoção da CC pode auxiliar organizações, reguladores e provedores de serviços a tomar decisões mais informadas e alinhadas à proteção de dados em ambientes digitais.

METODOLOGIA:

A metodologia utilizada nesta pesquisa é de caráter quantitativo e experimental. Inicialmente, buscou-se compreender como a CC tem se estabelecido dentro do cenário da Computação em Nuvem. Esta busca foi realizada com base em artigos científicos e teses, obtidos através de mecanismos de busca de materiais acadêmicos como o Google Acadêmico, para embasar o modelo do projeto. A leitura e análise desses materiais permitiram dar sequência às próximas etapas da elaboração deste trabalho científico.

Reconhecido por sua capacidade de criar modelos baseados em agentes de forma intuitiva e eficiente, o NetLogo viabilizou a modelagem e visualização de comportamentos emergentes. Sua facilidade de aprendizado, a vasta comunidade de usuários e os recursos gráficos para representar interações e resultados foram determinantes, garantindo a robustez e adaptabilidade necessárias para as análises de confiança, desempenho e difusão da CC e Governança de TI nas três simulações propostas (Teixeira Junior et al. (2024). O programa permite modelar fenômenos emergentes onde as relações são maiores que a soma das partes, crucial para analisar desempenho, conformidade e difusão de práticas em TI. Além disso, oferece uma capacidade superior de visualização e representação realista com granularidade e animações, tornando as simulações mais intuitivas e fiéis ao mundo real (Julian; Botti, 2019).

Duas simulações foram estruturadas para investigar aspectos específicos, com o objetivo de analisar a influência da CC e das práticas de GTI na dinâmica da confiança dos Controladores de Dados, bem como no desempenho e custo percebidos dos Provedores de Nuvem no contexto da Computação em Nuvem. As simulações foram projetadas com base em modelos de decisão autônoma entre agentes, conforme resumido na Tabela 1, que apresenta seus principais elementos estruturais.

Tabela 1 - Estrutura das Simulações

Elemento	Simulação 1	Simulação 2
Título	Confiança e Entrega de Dados	Preferência e Desempenho Percebido

Objetivo	Analisar como CC e GTI influenciam a confiança	Comparar a escolha de provedores com e sem CC
Agentes	25 Controladores de Dados e 25 Provedores de Nuvem	25 Controladores de Dados e 25 Provedores de Nuvem
Principais Variáveis	CC (sim/não), Nível de GTI, Tolerância ao risco, Decisão (Entregar / Não Entregar dados)	CC (sim/não), Custo adicional (50%, 100%), Avaliação ponderada
Regras de Decisão	Pontuação de utilidade baseada em risco e reputação	Avaliação por atributos: segurança, custo e desempenho
Base Teórica	Utilidade Esperada, Confiança Computacional	Multi-Attribute Utility Theory (Weighted Sum Model)
Saídas (Outputs)	Taxa de confiança e entrega de dados	Percentual de escolha por CC, impacto do custo
Execução	1000 ticks, 5 repetições, 50% dos provedores com CC	Mesmos parâmetros, variando apenas os custos (0%, 25%, 50%, 75%, 100% mais caro quando o provedor utiliza CC)

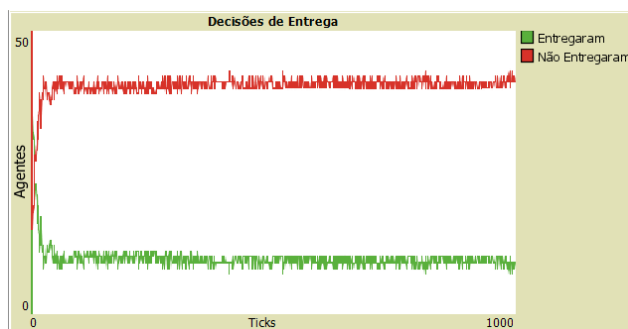
Fonte: Autores (2025)

Apesar da robustez dos modelos utilizados, o estudo simplifica a realidade e não considera fatores externos imprevisíveis. Assim, os resultados indicam tendências e devem ser validados em pesquisas futuras.

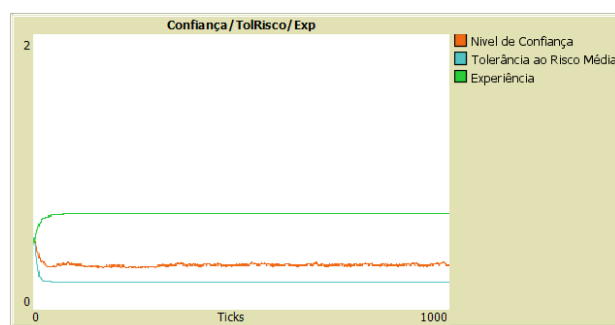
RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados da Simulação 1 evidenciam a importância da CC e das práticas de Governança de TI na construção da confiança dos Controladores de Dados. A decisão de entregar dados foi influenciada por uma função de utilidade que integra confiança ajustada, risco percebido e benefício esperado. A presença de CC elevou a confiança percebida, enquanto políticas de privacidade mais restritivas e baixa tolerância ao risco reduziram a propensão à entrega dos dados. A reputação do provedor desempenhou papel amplificador nesse processo decisório. Esses resultados indicam que a confiança, embora subjetiva, pode ser modelada e modulada por variáveis técnicas e institucionais, o que abre caminho para estratégias de incentivo à adoção da CC com base em percepção de valor e conformidade. A Figura 1 mostra como CC, reputação e risco influenciam a decisão dos Controladores de Dados em entregar seus dados.

Figura 1 - (a) Decisões de entrega; (b) Nível de confiança, tolerância ao risco e experiência



(a)

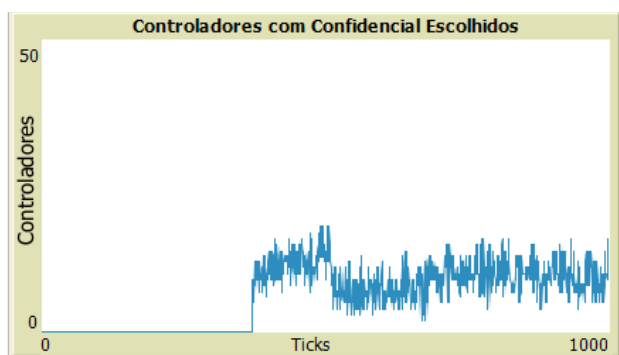


(b)

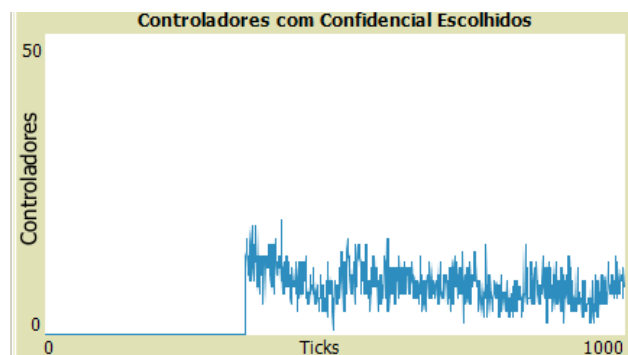
Fonte: Autores (2025)

A Simulação 2 revelou que provedores com CC tendem a ser mais escolhidos, mesmo quando implicam em custos adicionais. A lógica de decisão dos Controladores de Dados baseou-se em uma avaliação ponderada de múltiplos atributos (segurança, desempenho, custo), com destaque para o fator segurança. Mesmo com acréscimos de 50% e 100% no custo dos provedores CC, a segurança percebida frequentemente compensou essa desvantagem. Esse comportamento indica que, em contextos sensíveis, a segurança tem primazia sobre o custo, especialmente entre usuários com maior aversão ao risco ou elevada exigência de conformidade. Tais resultados reforçam o argumento de que o valor competitivo da CC está mais associado à percepção de proteção do que ao seu impacto em desempenho bruto. A Figura 2 apresenta a preferência dos Controladores de Dados por provedores com CC diante de diferentes custos.

Figura 2 - (a) Controladores com CC escolhidos (custo extra de 50%); (b) Controladores com CC escolhidos (custo extra de 100%)



(a)



(b)

Fonte: Autores (2025)

CONCLUSÕES:

As duas simulações realizadas neste estudo nos levam a uma conclusão fundamental: a percepção de segurança é o principal fator na tomada de decisões em ambientes digitais. A avaliação da CC sob a ótica da GTI, e os resultados mostraram que essa percepção muitas vezes pesa mais que o custo na escolha por soluções que protejam dados.

Esses insights são cruciais para criar estratégias eficazes em governança e segurança em um cenário digital tão dinâmico. Para provedores de nuvem, entender que a segurança percebida é um

diferencial competitivo mais relevante que o custo sugere que investir em CC pode aumentar a adesão e a confiança. Para os Controladores de Dados, o estudo destaca a importância de priorizar a segurança ao avaliar serviços. Já para reguladores e formuladores de políticas de GTI, é vital desenvolver diretrizes que reconheçam a natureza fluida da confiança e da conformidade, incentivando a melhoria contínua da governança. No geral, entender que a percepção de segurança é um valor predominante e que os ecossistemas operam em constante fluxo é essencial para desenvolver modelos e políticas que reflitam a complexidade do comportamento humano e dos sistemas.

BIBLIOGRAFIA

AHMAD, Amr et al. An Extensible Orchestration and Protection Framework for Confidential Cloud Computing. In: **USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 2023)**, Boston, 2023.

Disponível em: <https://www.usenix.org/system/files/osdi23-ahmad.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2025.

ASGARKHANI, Mehdi; BARTLETT, Christopher; BRACKEN, Dave. The Internet, the Cloud, and Information Technology Governance. **International Journal for Applied Data Science**, v. 1, n. 1, p. 33–40, abr. 2021.

Disponível em: <https://ijaim.net/journal/index.php/ijaim/article/view/5/5>. Acesso em: 3 jul. 2025.

JULIAN, Vicente; BOTTI, Vicente. Multi-Agent Systems. **Applied Sciences**, Basel, v. 9, n. 7, p. 1402, abr. 2019.

DOI: 10.3390/app9071402. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/7/1402>. Acesso em: 26 jun. 2025.

KEENEY, Ralph L.; RAIFFA, Howard. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**.

Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 170. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=1oEa-BiARWUC&lpg=PR11&ots=cEEGT2yiWx&dq=Weighted%20Sum%20Model%20Keeney%20Raiffa&hl=pt-BR&pg=PA170#v=onepage&q=Weighted%20Sum%20Model%20Keene>. Acesso em: 1 Jul. 2025.

LUNARDI, Guilherme Lerch; BECKER, João Luiz; MAÇADA, Antônio Carlos Gastaud. **Um estudo empírico do impacto da governança de TI no desempenho organizacional**. Produção, v. 22, n. 3, p. 612–624, maio/ago. 2012.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/8ZvHjrKPhvzVvhx5NjJnvZC/?format=pdf&lang=pt>. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000003>. Acesso em: 1 jul. 2025.

MARSH, Stephen. **Formalising Trust as a Computational Concept**. 1994. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – University of Stirling, Stirling, 1994. Disponível em:

<https://eprints.soton.ac.uk/258542/1/aamas-trust-ws.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2025.

MONGIN, Philippe. Expected Utility Theory. In: MOSES, Michael; MOSES, Peter K.; REINHARDT, Klaus (Org.). **Handbook of Game Theory with Economic Applications, Volume 1**. [S. l.]: North-Holland, 1992. p. 171-178.

Disponível em: <https://philarchive.org/archive/MONEUT>. Acesso em: 1 jul. 2025.

PIRES, E. F. M.; NEVES, J. E. D. Otimizando técnicas de hardening com inteligência artificial. In: **FATECSEG – CONGRESSO DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO**, 3., 2023, Ourinhos. Anais [...]. Ourinhos: Fatec Ourinhos, 2023. Disponível em: <https://www.fatecourinhos.edu.br/fatecseg/index.php/fatecseg/article/view/99>. Acesso em: 1 jul. 2025.

TEIXEIRA JUNIOR, Gilmar et al. Modelagem e Simulação de Evacuações de Emergência em Estádios: Uma Abordagem Baseada em Agentes utilizando NetLogo. In: **WORKSHOP EM MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS INTENSIVOS EM SOFTWARE (MSSIS)**, 6., 2024, Curitiba/PR. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 51-60. DOI: <https://doi.org/10.5753/mssis.2024.3787>. Disponível em:

<https://sol.sbc.org.br/index.php/mssis/article/view/30272>. Acesso em: 26 jun. 2025.