

Construção e Publicação de Artigos Científicos em Computação

Wladimir C. Brandão

Departamento de Ciência da Computação
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)

wladimir@pucminas.br

Resumo

Ao longo de 15 anos de docência orientando discentes, participando de bancas de conclusão de curso e coordenando projetos de pesquisa e atividades de iniciação científica em computação, tenho observado as dificuldades dos discentes na construção de artigos científicos para apresentação de seus resultados de práticas de pesquisa, além dos recorrentes questionamentos sobre o processo de publicação. Diante disso, o presente artigo procura clarear a questão, propondo um arcabouço conceitual para suportar a construção e publicação de artigos científicos em computação. Assim, os discentes da área terão à sua disposição uma espécie de guia para apresentação mais efetiva de resultados de suas práticas de pesquisa, sobretudo as de caráter experimental.

1. Artigo Científico em Computação

Um artigo científico é o instrumento utilizado por cientistas e pesquisadores para compartilhamento e disseminação do conhecimento científico. Na computação, o artigo científico é frequentemente concebido como um documento, geralmente composto por texto e imagens, com a finalidade de apresentar resultados experimentais de práticas de pesquisa para um público qualificado, majoritariamente composto por cientistas, pesquisadores, profissionais, professores e estudantes da área.

Uma estratégia comumente utilizada por cientistas e pesquisadores de computação para apresentação de resultados experimentais, provenientes de suas práticas de pesquisa, é a adoção de narrativa simples e direta que “conta uma história” sobre um tema, ao mesmo tempo em que “vende uma ideia” para solucionar um problema. O objetivo é atrair a atenção e convencer o público da relevância da ideia para a solução do problema computacional.

Para demonstrar a relevância da ideia, é imprescindível a presença de aspectos como originalidade, impacto, objetividade e organização na narrativa do artigo. A seguir são apresentadas algumas perguntas, divididas por aspectos, que devem ser utilizadas por autores de artigos científicos em computação para qualificar a relevância de suas ideias:

- ▷ ORIGINALIDADE: O problema a ser solucionado pela ideia é único? A ideia para a solução do problema é criativa e inovadora?
- ▷ IMPACTO: A ideia implicará desdobramento em múltiplas áreas de pesquisa? A ideia pode influenciar significativamente a forma de pensar e agir do público e da sociedade em geral? O artigo tem potencial para gerar citações?
- ▷ OBJETIVIDADE: As ideias são apresentadas de maneira clara, objetiva e completa? O discurso é composto exclusivamente por argumentos imprescindíveis para o entendimento das ideias e de seu impacto?
 - ▷ LINGUAGEM: Há uso adequado da linguagem?
 - ▷ APONTAMENTOS: Há preocupação em citar outros artigos científicos necessários e suficientes para a compreensão das ideias e estabelecimento do estado-da-arte? Os apontadores estão explicitamente indicados no texto de maneira adequada?
 - ▷ REPRODUTIBILIDADE: A descrição da ideia está detalhada e com precisão suficiente para que outros pesquisadores consigam reproduzir a pesquisa?
 - ▷ SOLIDEZ: Os experimentos foram planejados e executados adequadamente? As análises sobre os resultados são profundas e esclarecedoras? Testes estatísticos para validação experimental dos resultados foram efetuados?
- ▷ ORGANIZAÇÃO: A ideia é apresentada com encadeamento lógico inteligível ao público? A “história contada” apresenta um bom “enredo” para “vender a ideia”?

Os questionamentos apresentados acima devem funcionar como instrumento de avaliação do potencial do artigo científico atrair a atenção e se mostrar relevante para o público. Além disso, os autores devem ter em mente que a captação desses quatro aspectos, que influenciam diretamente na qualidade e no potencial de impacto de um artigo científico, é feita a partir de três dimensões distintas presentes no documento: conteúdo, forma e apontadores.

2. Conteúdo do Artigo Científico

A dimensão *conteúdo* do artigo científico lida com a descrição do tema de pesquisa e da ideia apresentada para a solução do problema. Essa dimensão pode ser desmembrada em nove elementos:

- ▷ MOTIVAÇÃO: Qual a relevância do tema de pesquisa para a sociedade?
- ▷ PROBLEMA: Qual a demanda a ser atendida pela aplicação da ideia? Que problema de pesquisa a ideia soluciona? Qual o conjunto de hipóteses da pesquisa?
- ▷ JUSTIFICATIVA: Qual a importância de se solucionar o problema? Qual o impacto e quais os desdobramentos em pesquisa podem surgir como fruto da aplicação da ideia para a solução do problema?
- ▷ OBJETIVO: Quais são as proposições e ações executadas para se solucionar o problema?
- ▷ SOLUÇÃO: Como solucionar o problema? Qual a especificação da ideia para se solucionar o problema?
- ▷ COMPROVAÇÃO: Qual a capacidade prática da ideia e quão efetiva ela é para solucionar o problema?
- ▷ CONTRIBUIÇÃO: Quais os resultados alcançados? Quão original e impactante é a ideia? Quais são os produtos resultantes da comprovação e da aplicação da ideia para solucionar o problema?
- ▷ CONCLUSÃO: Qual é a síntese do problema e da solução? Quais hipóteses foram confirmadas e quais foram refutadas?
- ▷ DIREÇÕES FUTURAS: Que novos problemas e ideias para sua soluções podem ser apontados a partir da pesquisa?

3. Forma do Artigo Científico

A dimensão *forma* lida com a segmentação e disposição do conteúdo em uma estrutura apropriada, privilegiando o aspecto de organização e o encadeamento lógico da argumentação sobre a ideia. Em geral, essa estrutura apresenta os seguintes elementos:

- ▷ TÍTULO: Conjunto de termos usados para designar o artigo científico. Frequentemente, uma frase que sintetiza o objetivo é usada como título. Também é comum “baptizar” a solução proposta com um acrônimo que remeta ao objetivo, e utilizar o acrônimo e seu respectivo significado como título do artigo.
- ▷ AUTORES: Lista de nomes de autores e suas respectivas afiliações.
- ▷ RESUMO: Descrição sucinta do conteúdo, enfatizando o problema, o objetivo, a solução e a contribuição.
- ▷ INTRODUÇÃO: Descrição ampliada do conteúdo, apresentando elementos de motivação, problema, justificativa, objetivo, contribuição, solução e comprovação. Além disso, apresenta descrição sucinta da sequência de seções de conteúdo que serão encontradas ao longo do artigo.
- ▷ REFERENCIAL TEÓRICO: Apresentação de conceitos referenciados na literatura científica relacionados ao tema que ajudam o público a entender o problema e as ideias contidas no artigo.
- ▷ TRABALHOS RELACIONADOS: Apresentação de ideias publicadas na literatura científica para solução do mesmo problema tratado no artigo (estado-da-arte), a fim de estabelecer uma linha de base comparativa para a solução apresentada.
- ▷ METODOLOGIA: Descrição detalhada da solução apresentada para o problema, incluindo modelos, algoritmos, abordagens, métodos e técnicas.
- ▷ EXPERIMENTOS E RESULTADOS: Descrição da comprovação envolvendo ambiente experimental, bases de dados artificiais, instrumentos e mecanismos de coleta de dados, ferramentas para tratamento de dados, métricas utilizadas em comparações, validações estatísticas e análises sobre os resultados.
- ▷ CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS: Descrição resumida do problema, dos objetivos, da solução, da comprovação, da contribuição e das direções futuras.
- ▷ REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO: Lista de referências para artigos publicados na literatura científica que foram apontadas em outros elementos da estrutura do artigo.

4. Apontadores do Artigo Científico

A dimensão *apontadores* lida com a especificação e utilização de referências bibliográficas e citações a essas referências. No artigo científico, a referência às ideias previamente publicadas por outros cientistas e pesquisadores deve sempre vir acompanhada de um apontador (citação) para o registro bibliográfico do artigo publicado (referência bibliográfica). É imprescindível a correta utilização de apontadores que indiquem precisamente a origem da ideia referenciada. Além disso, a adequação das referências bibliográficas às normas preestabelecidas pela comunidade científica influencia positivamente a organização do artigo. O desafio para todo autor de artigo científico consiste na construção de um referencial bibliográfico adequado que forneça suporte à exposição objetiva de suas ideias. Diante desse desafio, surgem algumas questões:

1. Onde encontrar artigos científicos para a construção do referencial bibliográfico?
2. Como filtrar os artigos científicos relevantes para a construção do referencial bibliográfico?
3. Como identificar dentre os artigos científicos encontrados aqueles mais adequados para citação?
4. Como especificar o referencial bibliográfico e realizar citações no artigo científico?

Nas seções subsequentes abordaremos cada uma das questões citadas previamente. A Seção 4.1 aborda a questão 1, a Seção 4.2 aborda a questão 2, a Seção 4.3 aborda a questão 3 e a Seção 4.4 aborda a questão 4.

4.1 Fontes de Informação Bibliográfica

Existem inúmeras fontes de informação bibliográfica que podem ser utilizadas para encontrar documentos relevantes para a construção de referencial bibliográfico. Especificamente em computação, algumas dessas fontes estão disponíveis para consulta *online* e são amplamente utilizadas pela comunidade científica. Dentre elas, destacam-se:

- ▷ ACM DIGITAL LIBRARY: Biblioteca digital da *Association for Computing Machinery (ACM)*, a maior comunidade científica e educacional em computação do mundo.
- ▷ IEEE XPLORE: Biblioteca digital da *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, a maior associação profissional mundial constituída por engenheiros, cientistas e profissionais de computação, eletrônica e telecomunicações.
- ▷ DBLP: A *Digital Bibliography & Library Project (DBLP)* é um índice bibliográfico para a ciência da computação desenvolvido e provido pela *Universität Trier*.
- ▷ CITSEER: Biblioteca digital mantida pela *National Science Foundation (NSF)* contendo uma base indexada de artigos em ciência da computação e ciência da informação.
- ▷ WEB OF SCIENCE: Serviço de indexação de citações científicas da *Thomson Reuters*, contendo uma base indexada de artigos de diferentes campos científicos.
- ▷ SCOPUS: Base de dados bibliográfica mantida pela *Elsevier* contendo índices bibliográficos de diferentes campos científicos.
- ▷ GOOGLE SCHOLAR: Máquina de busca da *Google* para recuperação de produções bibliográficas em diferentes campos científicos.

4.2 Aquisição de Informação Bibliográfica

O processo de aquisição de informação bibliográfica consiste, em grande parte, na execução de atividades de busca e filtragem. No presente artigo, o processo de aquisição de informação bibliográfica não será exaustivamente discutido, mas será apresentada, de maneira sucinta, a forma como as atividades de busca e filtragem são comumente executadas nas fontes de informação *online* citadas anteriormente.

BUSCA: Existem múltiplas formas de se buscar informação bibliográfica. Em geral, a busca em fontes de informação *online* é realizada a partir da submissão de consultas ao mecanismo de busca provido pela fonte para posterior tratamento dos resultados obtidos. Com frequência, as consultas são formuladas utilizando palavras-chave relacionadas ao tema de pesquisa (consultas por tópico), aos nomes de autores de referência no tema de pesquisa (consultas por autor) e aos veículos onde artigos relacionados ao tema são comumente publicados (consultas por veículo).

FILTRAGEM: A atividade de filtragem é usualmente executada através da inspeção visual do conteúdo dos artigos encontrados na busca, a fim de selecionar aqueles considerados relevantes. Devido ao alto custo de inspeção visual do texto completo de uma grande quantidade de documentos, frequentemente a filtragem é executada em duas fases. Numa primeira fase de inspeção rápida, os elementos título, resumo e palavras-chave dos documentos encontrados na busca são inspecionados para se decidir se o documento é potencialmente relevante para ser selecionado para a próxima fase. Na fase de inspeção profunda, o texto completo dos documentos selecionados na inspeção rápida é analisado a fim de se descartar os pouco relevantes ou irrelevantes.

De fato, a filtragem se baseia fortemente na estimativa da qualidade da informação bibliográfica. Sendo assim, diferentes critérios além da análise de conteúdo podem ser adotados para tal fim. Na próxima seção, aspectos relacionados a essa estimativa serão apresentados.

4.3 Qualidade da Informação Bibliográfica

A estimativa de qualidade da informação bibliográfica depende fundamentalmente de um julgamento de valor, o qual deve ser realizado a partir de critérios objetivos. Em particular, tanto critérios intratextuais, relacionados ao conteúdo do artigo, como extratextuais, relacionados à reputação dos autores e dos veículos de publicação, podem ser utilizados. Além disso, dada a natureza dinâmica da computação, onde uma parte significativa das ideias publicadas se torna rapidamente obsoleta, a recência do artigo científico também se torna um critério importante para a estimativa.

Para a análise de conteúdo, os questionamentos apresentados na Seção 2 podem ser utilizados para o estabelecimento dos elementos de análise. Para a análise de componentes extratextuais, existem diferentes índices e métricas propostos na literatura que podem ser utilizados para o estabelecimento do grau de reputação de autores e de veículos de publicação, muitos deles baseados em números de citações. Existem algumas métricas comumente utilizadas pela comunidade científica:

- ▷ **NÚMERO DE CITAÇÕES:** Número de artigos publicados, por autor ou veículo, citados em outros artigos publicados.
- ▷ **ÍNDICE H:** Maior número h , sendo que h artigos publicados, por autor ou veículo, tenha ao menos h citações. Por exemplo, um veículo de publicação com cinco artigos citados por 20, 8, 5, 3 e 1 outros artigos, respectivamente, tem um *índice h* de 3. Da mesma forma, um autor que tenha publicado cinco artigos citados por 20, 8, 5, 3 e 1 outros artigos, respectivamente, tem um *índice h* de 3.
- ▷ **ÍNDICE I10:** Número de artigos publicados, por autor ou veículo, com pelo menos 10 citações.

Existem mecanismos que disponibilizam livremente esses índices e métricas na Web, tal como o [Google Scholar](#). Além disso, para estimativa da reputação de veículos de publicação, pode-se utilizar a taxonomia [Qualis](#) disponibilizada pelo governo brasileiro, por meio da [Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior \(CAPES\)](#). A CAPES periodicamente utiliza um conjunto de procedimentos para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas brasileiros de pós-graduação, fornecendo uma taxonomia para periódicos, conferências, simpósios e workshops nacionais e internacionais na área de Ciência da Computação (Qualis-CC) composta de sete categorias: $A_1, A_2, B_1, B_2, B_3, B_4$ e C . Pode-se considerar que veículos classificados no extrato A_1 tem reputação mais elevada que veículos classificados no extrato A_2 , que por sua vez tem reputação mais elevada que veículos classificados no extrato B_1 , e assim sucessivamente.

4.4 Normalização Bibliográfica

Normalização bibliográfica é o processo de adequação das referências bibliográficas e citações em respeito às normas preestabelecidas, tais como [ACM](#), [IEEE](#) e [ABNT](#). Em geral, cada veículo de publicação estabelece quais normas devem ser seguidas para normalização bibliográfica dos ar-

tigos científicos a serem publicados por eles. Além disso, frequentemente os veículos oferecem modelos que podem ser utilizados para facilitar o processo de normalização. Em particular, recomenda-se a utilização de [L^AT_EX](#) para a edição do artigo científico, uma vez que grande parte dos veículos de publicação na área de computação oferece modelos para essa plataforma. Mais ainda, a utilização dessa plataforma facilita a adequação das referências bibliográficas e citações às diferentes normas.

5. Recomendações para Construção do Artigo

A seguir são apresentadas algumas recomendações importantes para a construção de artigos científicos em computação:

- ▷ Use [L^AT_EX](#).
- ▷ Existem múltiplas formas de se especificar e descrever ideias. Particularmente na computação, ideias são comumente especificadas como algoritmos, técnicas, abordagens, métodos, arquiteturas ou modelos.
- ▷ Dedique atenção especial ao título e ao resumo. Frequentemente eles são responsáveis por despertar o interesse do público pelo artigo científico, uma vez que esse público decide se vai ou não consumir as ideias ali presentes a partir desses elementos.
- ▷ Um aspecto importante é a normalização, que descreve as regras para formatação dos elementos estruturais. A obediência a essas regras muitas vezes é imperativa para a aceitação do artigo científico por veículos para publicação.
- ▷ Trabalhos relacionados devem ser os mais recentes possíveis, contemplando o estado da arte sobre o tema tratado pelo artigo.
- ▷ No referencial teórico e nos trabalhos relacionados, a qualidade das referências utilizadas influi na qualidade atribuída ao artigo científico pelo público. A reputação da fonte de informação reflete na forma como o público atribuirá qualidade ao artigo científico. É o efeito *"diga-me com quem anda e direi quem és"*.
- ▷ Afirmações fortes e categóricas devem apresentar apontadores para as referências bibliográficas que as comprovem.
- ▷ Seções muito curtas, com um ou dois parágrafos, devem ser evitadas.

6. Processo de Publicação do Artigo Científico

A charge de Mischa Richter, publicada no *The New Yorker* em 28 de maio de 1966 e apresentada na Figura 1, refere-se a um ditado muito popular no meio acadêmico: publique ou pereça. A metáfora ali presente remete a um fato conhecido entre pesquisadores: uma ótima ideia não divulgada é um péssimo negócio para seus autores e para a sociedade. Daí, a relevância de autores e pesquisadores se empenharem para a publicação de seus artigos. Por isso, vamos descrever nessa seção, ainda que de forma sucinta, o processo convencional de publicação de artigos científicos em computação. Esse processo envolve sete atividades distintas, conforme pode ser observado na Figura 2. A primeira atividade é a seleção de veículos-alvo apropriados para a submissão do artigo. Considerando que cada veículo estabelece critérios próprios para aceitação de artigos, os autores devem estar atentos a alguns aspectos importantes comumente considerados por todos eles:

- ▷ **TEMA:** Os veículos restringem o conteúdo aceito para publicação a um conjunto de temas específicos. Os autores devem se certificar de que o tema tratado pelo artigo seja aderente aos temas de interesse do veículo.
- ▷ **TRILHA:** Os temas geralmente são segmentados em trilhas. Mais ainda, os veículos podem aceitar artigos com diferentes níveis de maturidade, tais como resumos expandidos, artigos curtos para apresentação de resultados preliminares de pesquisa, ou artigos completos.
- ▷ **PRAZOS:** A submissão de artigos pode seguir em fluxo contínuo ou obedecer prazos estabelecidos pelo veículo. Os autores devem observar as datas limites para submissão e os prazos de revisão e publicação dados pelo

veículo. Não são raros os casos de veículos que levam um longo tempo para revisar e publicar o artigo, gerando atrasos indesejáveis na divulgação dos resultados de pesquisa.

- ▷ **NORMAS:** Os autores devem observar os limites e restrições impostos pelas normas adotadas pelo veículo, tais como número mínimo e máximo de páginas, tamanhos de fontes, espaçamento de linhas e parágrafos e normalização bibliográfica, fazendo as devidas adequações de forma quando necessário.

A segunda atividade descrita na Figura 2 é a definição da estratégia de submissão do artigo. Na estratégia, os autores devem considerar aspectos como a urgência para publicação, o encadeamento dos cronogramas dos diversos veículos-alvo e a possibilidade de rejeição do artigo frente à concorrência com outros artigos. Por exemplo, os autores podem decidir submeter primeiramente para um veículo de alta reputação e concorrência, que ofereça um tempo curto para revisão e publicação, e considerar a possibilidade de submissão para outro veículo num curto intervalo de tempo em caso de rejeição, considerando a incorporação das sugestões provenientes das revisões efetuadas na primeira submissão.

A terceira atividade descrita na Figura 2 consiste na efetivação de adaptações no conteúdo e na forma do artigo para adequação às normas impostas pelo veículo. Nessa etapa, os autores devem dar atenção especial ao método de revisão adotado pelo veículo, sob pena de ter o artigo sumariamente rejeitado. Em caso de revisão às cegas (*blind review*), onde o artigo deve ser apresentado e avaliado sem a identificação de autoria, os autores devem retirar qualquer elemento do conteúdo do artigo que possa revelar a autoria. Em seqüência, os autores devem efetivamente submeter o artigo utilizando os meios indicados pelo veículo para tal fim.

Cabe ressaltar que o método adotado para revisão do artigo pode ser diferente para cada veículo. Geralmente a avaliação é feita por pares, ou seja, por pareceristas com um certo grau de especialização na área e afinidade com o tema, e às cegas (*blind review*). Em caso de rejeição, alguns veículos admitem que os autores contestem a revisão, apresentando argumentos que podem ser levados em consideração para que a decisão de rejeição seja revertida. Tal ação está representada pela quinta atividade descrita na Figura 2. Independentemente da possibilidade de contestação, no caso de rejeição do artigo pelo veículo, os autores devem rever sua estratégia de submissão para decidir se realizarão os ajustes sugeridos pelos revisores visando uma nova submissão para outro veículo, ou se desistirão da estratégia adotada e abandonarão as tentativas de publicação do artigo.

Uma vez aceito para submissão, a atividade de preparação para publicação, sétima e última atividade descrita na Figura 2, deve ser executada. Nessa etapa, acordos e direitos autorais são estabelecidos entre os autores e o veículo e as últimas modificações são efetuadas, dando formato final ao artigo.

7. Considerações Finais

O presente artigo reflete a experiência de orientação discente do autor e provê subsídios para suportar a construção e publicação de artigos científicos em computação, especialmente os de caráter experimental. Informações complementares, tais como dicas, links, materiais e sugestões de ferramentas e métodos para escrita podem ser encontradas na página [Escrevendo Artigos Científicos em Computação](#).

Bibliografia

- [1] Robert A. Day. *How to Write & Publish a Scientific Paper*. Oryx, 1998.
- [2] George M. Hall. *How to Write a Paper*. Wiley & Sons, 2013.
- [3] Justin Zobel. *Writing for Computer Science*. Springer Verlag, 2004.



Figura 1: Charge do *The New Yorker*, 1966.

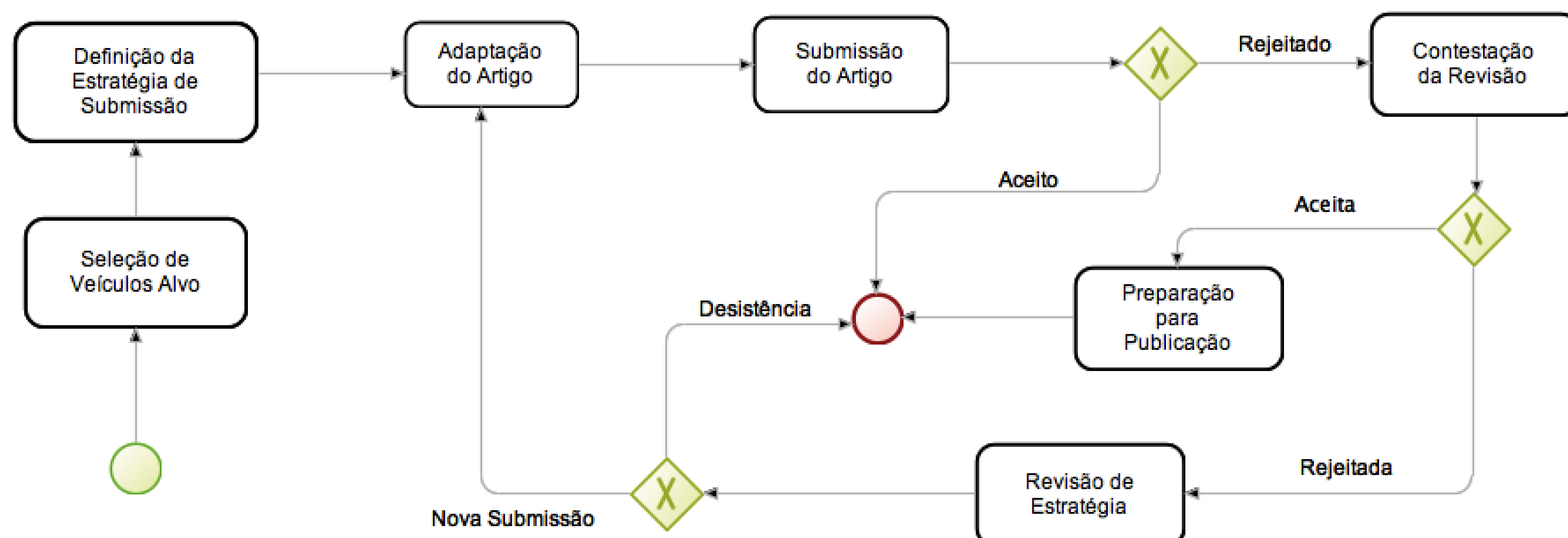


Figura 2: Processo convencional de publicação de artigo científico em computação.