

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

**Panorama da informática no curso de Engenharia de
Materiais do DEMa-UFSCar**

GABRIEL HIDEKI OGASHAWARA

SÃO CARLOS -SP
2024

Panorama da informática no curso de Engenharia de Materiais do DEMa-UFSCar

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Vinicius Fiocco Sciuti

São Carlos - SP
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
Telefones: 16 -3351-8244 e 3351-8246
Endereço eletrônico: demachef@ufscar.br
Rodovia Washington Luís, km 235 – Caixa Postal 676
CEP 13565-905 – São Carlos – SP - Brasil



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

NOME: Gabriel Hideki Ogashawara

RA: 758989

TÍTULO: Panorama da informática nos cursos de Engenharia de Materiais

ORIENTADOR(A): Prof. Dr. Vinícius Fiocco Sciuti

DATA/HORÁRIO: 02/02/2024, 15h

BANCA – NOTAS:

	Monografia	Defesa
Prof. Dr. Vinícius Fiocco Sciuti	9,0	9,0
Prof. Dr. Rodrigo Bresciani Canto	9,0	9,0
Média	9,0	9,0

BANCA – ASSINATURAS:

Prof. Dr. Vinícius Fiocco Sciuti

Documento assinado digitalmente
gov.br VINICIUS FIOCCO SCIUTI
Data: 02/02/2024 17:55:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Bresciani Canto

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO BRESCIANI CANTO
Data: 04/02/2024 08:59:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais pela educação que tive em minha vida, à minha namorada por todo apoio e por sempre acreditar em mim, e à memória do meu querido amigo Jonas Junior (Tim Maia), que foi a minha maior companhia na universidade.

AGRADECIMENTO

Agradeço a minha família, meus amigos e colegas que estiveram comigo nessa trajetória e fizeram parte dela, que sempre acreditaram em mim e que tenho muita gratidão. Em especial aos meus pais, minha namorada, meus amigos do colégio, amigos do taiko e amigos da Operação Natal.

Também agradeço ao professor Vinicius, que possibilitou a concretização deste trabalho, além de todo auxílio recebido e compreensão demonstrada durante este período.

RESUMO

O curso em Engenharia de Materiais do DEMa - UFSCar é pioneiro na América Latina e detém a posição de referência para outros cursos, seja por seu histórico ou pela formação de professores que atuam em outras universidades. Assim, o ensino na Engenharia de Materiais deve compreender o panorama da informática na graduação. Tal panorama e seus benefícios para os discentes vêm sendo estudados no exterior, o que não ocorre no Brasil. Visando tal lacuna, foi desenvolvida uma análise sobre alguns softwares citados na literatura estrangeira que poderiam ser aplicados na grade curricular do curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos. Nessa análise levou-se em consideração se o software já é ou foi utilizado no DEMa - UFSCar, e se a licença da ferramenta é gratuita ou comercial.

Palavras-chave: Informática. Ensino. Engenharia de Materiais. Aprendizado via Software. Educação.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

The Materials Engineering course at DEMa - UFSCar is a pioneer in Latin America and holds the position of reference for other courses, whether due to its history or the training of professors who work in other universities. Therefore, education in Materials Engineering must understand the panorama of computing at undergraduate level. This panorama and its benefits for students have been studied abroad, which is not the case in Brazil. Aiming at this gap, an analysis was developed on some software programs mentioned in foreign literature that could be applied to the curriculum of the Materials Engineering course at the Federal University of São Carlos. In this analysis, factors considered included whether the software has been or is currently used at DEMa - UFSCar, and whether the tool's license is free or commercial.

Keyword: Information Technology. Teaching. Materials Engineering. Learning via Software. Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Softwares mais citados entre os artigos analisados neste trabalho	06
Gráfico 2 - Proporção de softwares sugeridos por ênfase	13
Gráfico 3 - Softwares mais citados como sugestões de implementação	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos softwares mencionados em cada um dos respectivos autores.	05
Tabela 2 - Descrição e classificação dos softwares mencionados nos estudos entre: Comercial e DEMa (disponibilidade).	07
Tabela 3 - Descrição dos softwares e linguagens já utilizados no DEMa.	10
Tabela 4 - Levantamento de possíveis ferramentas informáticas nas disciplinas do DEMa	12

LISTA DE SIGLAS

UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
DEMa	Departamento de Engenharia de Materiais
CEMa	Ciência e Engenharia de Materiais
NRC	Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá
MEC	Ministério da Educação e Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1	HISTÓRICO DO CURSO E SUAS ALTERAÇÕES	03
2.2	IMPACTO DA INFORMÁTICA NOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA DE MATERIAIS	04
2.3	PANORAMA INTERNACIONAL	05
2.4	MAPEAMENTO INFORMÁTICO NO DEMA	10
3	RESULTADOS	13
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
	REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO

O contínuo desenvolvimento tecnológico tem dominado muitas áreas do conhecimento e a Engenharia de Materiais (EMa) não é exceção. Atualmente, a tecnologia da informática é um recurso que já faz parte do meio acadêmico e profissional da área, ultrapassando o papel de mera complementação e tornando-se um fator-chave na preparação de futuros especialistas.

As ferramentas computacionais em Ciência e Engenharia de Materiais são um auxílio muito importante na formação de profissionais que consigam solucionar os desafios contemporâneos a serem enfrentados. Neste cenário, visto a complexidade do estudo dos materiais e de suas aplicações, a integração da informática com os estudos na graduação em EMa parece ser urgente, pois são exigidas cada vez mais rapidez, análises mais detalhadas, além de simulações mais precisas (THORNTON, 2009).

De acordo com relatórios do Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá (NRC) em 2009, as ferramentas computacionais também têm sido cada vez mais integradas nos ambientes industriais de forma positiva, desde a década de 1990. Os relatórios, de modo geral, indicam recomendações que incluem a incorporação de estudos computacionais em ampla gama de cursos de EMa, a fim de formar as próximas gerações com as competências necessárias para utilizar estas ferramentas e se prepararem mais nesses ambientes.

No exterior encontram-se diversos estudos sobre o assunto, indicando a necessidade cada vez maior de obter conhecimentos informáticos na área, tanto para a carreira acadêmica quanto para a industrial. Segundo Kononov (2017), os estudantes se sentem mais confiantes e confortáveis ao resolverem problemas das disciplinas após passarem por aprendizados com softwares e, além disso, apresentam maior interesse com a utilização da informática nas disciplinas. Thornton (2009) analisou o ponto de vista das empresas, mostrando que existe uma grande lacuna entre o que é ensinado nas faculdades e o que é mais comum nas indústrias. Assim, internacionalmente existe um maior destaque sobre pesquisas que reforçam a importância da informática nos cursos de EMa, porém, no contexto brasileiro esse tema ainda não recebeu a devida atenção. Foram encontrados poucos artigos científicos a respeito da informática nos semestres iniciais da graduação em cursos de Engenharia e Ciências da Computação, os

quais têm por essência utilizarem da informática na maioria das disciplinas. Foram encontrados também alguns artigos sobre o uso da informática em cursos da área da saúde, o que mostra a importância desse tema, além de reforçar a necessidade de pesquisa e aplicação dessas ferramentas no âmbito da EMA. A escassez de estudos sobre essa vertente no Brasil resulta na falta de conhecimento sobre como a integração da informática pode impactar e trazer benefícios para a formação acadêmica e profissional na área de Engenharia de Materiais.

No contexto da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), percebe-se uma oportunidade de maior utilização da informática nas disciplinas do curso de Engenharia de Materiais. Essa intensificação computacional durante a graduação tem o potencial de enriquecer a formação dos estudantes, além de proporcionar habilidades prontamente aplicáveis em um cenário industrial cada vez mais informatizado, como demonstrado nas pesquisas citadas acima, as quais foram realizadas nos Estados Unidos. Este trabalho de conclusão de curso busca investigar e enfatizar a importância dessa integração, especialmente na realidade da UFSCar, analisando quais softwares e ferramentas computacionais seriam adequadas nas abordagens didáticas das disciplinas do curso.

Ademais, é um tema que se enquadra ao âmbito do Movimenta Materiais, uma empreitada do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da UFSCar que visa atualizar de maneira inovadora o formato das disciplinas do curso. Em relação ao tema proposto neste trabalho, destaca-se a Trilha Computacional, uma das propostas do Movimenta Materiais, cujo objetivo principal é a inserção da informática nas disciplinas já existentes na grade curricular, bem como a criação de disciplinas optativas que visam oferecer essas ferramentas para os discentes que desejarem.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DO CURSO E SUAS ALTERAÇÕES

Os parágrafos a seguir trazem um resumido histórico do curso de Engenharia de Materiais da UFSCar retirados do plano pedagógico do mesmo (Plano Pedagógico do Curso em Engenharia de Materiais da UFSCar, 2022, p. 6-20).

O curso de bacharelado em Engenharia de Materiais foi o primeiro da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e teve sua criação aprovada em 1969 (com a primeira turma em 1971), com a denominação de Engenharia de Ciência dos Materiais. Isso coincide com a implantação desse curso nos países mais desenvolvidos, como Estados Unidos e Inglaterra, e por conta desse pioneirismo acabou enfrentando certa resistência inicial das áreas de Engenharia e do próprio Ministério da Educação e Cultura (MEC). Desde sua criação, o curso passou por diversas atualizações no currículo. Foi em 1972, depois da terceira versão do currículo, que foram definidas as ênfases em Materiais Cerâmicos, Materiais Metálicos e Materiais Poliméricos, pois correspondiam às tecnologias e áreas de atuação profissional já consolidadas no país. E em 1984, a grade curricular foi reestruturada visando focar no aspecto tecnológico da Engenharia de Materiais, enfatizando temas como as propriedades dos materiais, microestrutura e aplicações.

Nesta mesma década e na seguinte, ao acompanhar o crescimento da tecnologia em materiais no exterior, o curso foi se consolidando cada vez mais, tendo um papel fundamental no desenvolvimento de novas tecnologias para as principais indústrias da época, como automobilística, civil e aeronáutica. Além disso, a UFSCar já contava com as atividades de pesquisa e de extensão, que também contribuíram para a evolução e reconhecimento da área de Ciência e Engenharia de Materiais (CEMa), tanto em âmbito nacional quanto internacional.

Em 2004 ocorreu a última reformulação (até o momento, janeiro de 2024) da grade curricular do curso, considerando pontos como: elevada carga horária dos alunos (a qual dificultava que os alunos participassem de atividades extracurriculares), retirando assuntos repetitivos ou desatualizados e adaptando-a às novas tecnologias. Essa nova orientação pedagógica buscou uma estrutura curricular mais concisa, objetiva e atrativa ao corpo discente, além de revisões nas

habilidades do corpo docente, que deve se adaptar às mudanças tecnológicas para a formação de profissionais com perfis atualizados e competitivos no mercado atual.

2.2 IMPACTO DA INFORMÁTICA NOS CURRÍCULOS DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

O ensino aos alunos com o uso da informática tem sido um ponto significativo nas pesquisas sobre aprendizagem, sobre principalmente as áreas da engenharia, uma vez que a computação vem ganhando cada vez mais conhecimento e perspectiva de crescimento sobre os assuntos. E alguns estudos revelaram outras vantagens que essa abordagem oferece, como: (ZACHARIA, 2007)

- Oportunidade de estudar fenômenos mais complexos e problemas com mais variáveis;
- Desenvolver a habilidade de identificar um processo complexo e manipular suas variáveis para conseguir estudá-lo melhor;
- Maior entendimento e visualização sobre os fenômenos que acontecem na realidade;

A integração da informática na aprendizagem deve acontecer de forma adequada com um suporte correto, e não de forma intrusiva e sem planejamento. Para que os alunos realmente consigam obter esse conhecimento é necessário focar no entendimento da ferramenta ao invés de decorá-lo e, além disso, fornecer tempo o suficiente para que os estudantes possam praticar as atividades. (MAGANA, 2013)

Especificamente no âmbito da Engenharia de Materiais, estudos realizados por Magana (2013) e Kononov (2017) revelam que, no início da graduação, os estudantes demonstram um interesse significativo em ter contato com a informática, além de apresentarem um aumento de confiança em suas habilidades analíticas após a aprendizagem. Vieira (2018) também destaca que a integração de ferramentas computacionais em uma classe de termodinâmica não apenas elevou o conhecimento e compreensão real do tema, mas também aumentou a autoconfiança e o interesse por parte dos estudantes, que sempre foi um desafio recorrente para os docentes. Por fim, Zhang (2018) evidencia que essa integração da informática proporcionou benefícios adicionais justamente aos alunos dos primeiros anos do curso universitário, pois eles desenvolveram uma maior

familiaridade com softwares de simulação.

No contexto empresarial nos Estados Unidos, uma pesquisa conduzida por Thornton (2009) indicou que mais de 50% dos empregadores desejavam que os recém-contratados já possuíssem conhecimento prévio dos softwares mais amplamente utilizados na área. Isso foi identificado como um aspecto essencial para a consolidação dos profissionais no mercado de trabalho. Além disso, a pesquisa revelou que os entrevistados concordavam com a informatização nos cursos de EMa, reconhecendo que também seriam beneficiados por profissionais mais capacitados e alinhados com as demandas tecnológicas do setor.

2.3 PANORAMA INTERNACIONAL

Embora exista um volume muito baixo de pesquisas abordando a integração da informática no ensino de Engenharia de Materiais durante a graduação, é importante observar que esse tema tem sido mais amplamente explorado em âmbito internacional do que no contexto local. Dada a proposta deste estudo, as tabelas subsequentes apresentam uma compilação dos principais autores identificados, juntamente com as respectivas ferramentas informáticas mencionadas nas universidades investigadas (Tabela 1).

Um ponto decisivo na escolha da utilização dos softwares é a viabilidade financeira disto, pois é notório o elevado valor de ferramentas informáticas mais avançadas. Portanto, na revisão, analisou-se também quais softwares são gratuitos ou demandam custos para sua utilização. Este aspecto é crucial, pois os valores associados a esses softwares podem representar uma barreira para sua adoção no ensino, tornando-se um ponto de resistência significativo (Tabela 2).

Adicionalmente, com base em uma consulta conduzida para a Trilha Computacional do Movimento de Engenharia de Materiais, foram identificados quais softwares estão atualmente disponíveis no Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa). Essa análise proporciona uma maior clareza na comparação entre as ferramentas utilizadas localmente e as adotadas no exterior (Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 1 - Distribuição dos softwares mencionados em cada um dos respectivos autores. A marcação “O” representa uma confirmação entre os dois campos.

Software	Kononov	Thornton	Polasik	Zhang
OOF2	O			O
Thermo-Calc	O	O		O
MATLAB	O	O	O	O
LAMMPS	O	O	O	O
OVITO	O			O
DEFORM		O		
ABAQUS		O	O	
Pandat		O		
VASP		O		
ABNIT		O		
FORTRAN		O		
iSight		O		
ProCAST		O		
MAGMASoft		O		
COMSOL		O		
Fluent		O		
DICTRA		O		
JMatPro		O		
Materials Studio		O		
CES Materials Selector		O		
CaRIne		O		
CES EduPack			O	
Crystal Maker			O	
Quantum Espresso				O

Gráfico 1 - Softwares mais citados entre os artigos analisados neste trabalho

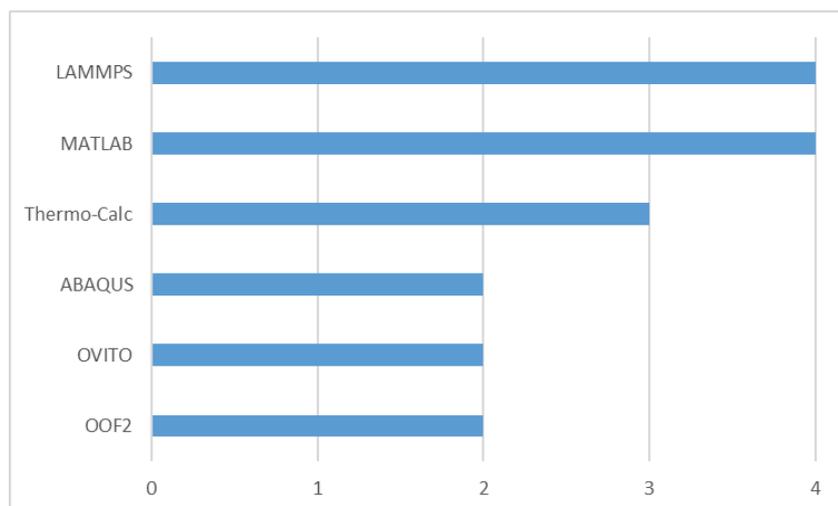


Tabela 2 - Descrição e classificação dos softwares mencionados nos estudos entre: Comercial e DEMa (disponibilidade). A marcação “\$” representa os softwares comerciais, enquanto “✓” significa que está disponível no DEMa

Software	Descrição	Comercial	DEMa
OOF2	O OOF2, desenvolvido pelo National Institute of Standards and Technology (NIST) dos EUA, destaca-se como um software gratuito especializado em método dos elementos finitos (FEM) aplicados a materiais. Sua funcionalidade abrange a modelagem e simulação de comportamento de um material, permitindo uma compreensão detalhada das propriedades mecânicas e térmicas em resposta a diversas aplicações e situações.		✓
Thermo-Calc	O Thermo-Calc (já disponível no DEMa), originado na Suécia, é uma grande ferramenta para modelagem termodinâmica que desempenha uma importante análise de equilíbrios de fases. É amplamente utilizado em projetos de metalurgia e ciência dos materiais, pois ela facilita a predição e compreensão de transformações de fases, fornecendo informações para a otimização de processos industriais e diversas propriedades dos materiais.	\$	✓
MATLAB	O MATLAB, desenvolvido pela MathWorks, é uma linguagem de programação amplamente adotada em ciências e engenharias e já utilizado no DEMa. Sua versatilidade permite a análise numérica, simulação e visualização de dados, e na EMA é muito utilizado no controle de instrumentos laboratoriais, controle de sistemas e na modelagem de fenômenos mais complexos.	\$	✓
LAMMPS	O LAMMPS (Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator) é uma ferramenta gratuita fundamental para simulações moleculares ao nível atômico, desenvolvida no Sandia National Laboratories dos EUA. Com aplicações que variam desde a dinâmica molecular até o estudo de propriedades		✓

	térmicas, o LAMMPS é muito importante na compreensão detalhada do comportamento de materiais em escalas microscópicas.		
OVITO	O OVITO, criado pelo Max Planck Institute for Polymer Research na Alemanha, é uma ferramenta gratuita avançada de visualização e análise de simulações de dinâmica molecular. Essa plataforma permite a visualização da estrutura e do comportamento dos materiais em escala atômica, sendo amplamente adotada por pesquisadores em química, física e ciência de materiais.		
DEFORM	Desenvolvido pela Scientific Forming Technologies Corporation nos EUA, o DEFORM destaca-se como um software de simulação dedicado a processos de conformação, usinagem e tratamentos térmicos em materiais metálicos. Sem a necessidade de tentativas e erros, na prática, o DEFORM desempenha um papel crucial na otimização de processos industriais para a produção eficiente de componentes metálicos.	\$	
ABAQUS	O ABAQUS, da Dassault Systèmes SIMULIA Corp., é um software de elementos finitos utilizado para modelagem de materiais, permitindo análises estruturais, térmicas e fluidodinâmicas. Amplamente adotado na indústria e na academia, o ABAQUS permite simulações detalhadas e personalizadas, desde a análise de tensões até a previsão de comportamento térmico em estruturas complexas. Além disso, é uma ferramenta já utilizada no âmbito acadêmico do DEMa.		✓
Pandat	Desenvolvido na China, o Pandat (disponível no DEMa) destaca-se como uma ferramenta especializada em cálculos termodinâmicos e de equilíbrio de fases em sistemas multicomponentes. Com aplicações importantes em projetos de metalurgia, o Pandat auxilia na compreensão e otimização de processos industriais relacionados à fusão e solidificação de materiais.	\$	✓
VASP	O VASP (Vienna Ab initio Simulation Package), originado na Áustria, é uma ferramenta poderosa na modelagem de materiais em escala atômica, por exemplo, para cálculos de estrutura eletrônica dos materiais. Amplamente utilizado em pesquisas acadêmicas e industriais, o VASP contribui para a compreensão aprofundada das propriedades eletrônicas dos materiais, possibilitando avanços em áreas como semicondutores e materiais magnéticos.	\$	
ABINIT	O ABINIT, desenvolvido na França, é um software gratuito dedicado a cálculos baseados na Teoria do Funcional da Densidade (DFT). Sua aplicação abrange desde o estudo de bandas eletrônicas até propriedades ópticas de materiais, através da estrutura eletrônica dos materiais. Sendo uma ferramenta essencial para pesquisadores e cientistas que exploram as propriedades fundamentais dos materiais.		

FORTTRAN	Fortran (Formula Translation), desenvolvida nos EUA na década de 1950, é uma linguagem de programação relevante para aplicações científicas e de engenharia. Em relação à EMA, o Fortran está presente em muitos aspectos dos softwares utilizados e seu conhecimento é muito útil para entender, modificar ou contribuir para esses códigos em contextos acadêmicos e industriais.		✓
iSight	Desenvolvido pela Dassault Systèmes SIMULIA Corp., o iSight atua na otimização de parâmetros em projetos de engenharia, proporcionando eficiência e acelerando o processo de desenvolvimento de produtos. Trata-se de um software a ser utilizado em conjunto com outras ferramentas, mas visando automatizar o processo de otimização.	\$	✓
ProCAST	Desenvolvido pela ESI Group, o ProCAST é um software gratuito especializado em simulações de fundição, permitindo a análise detalhada de processos de solidificação. Amplamente utilizado na indústria metalúrgica, o ProCAST contribui para a melhoria de processos de fabricação, garantindo a qualidade e integridade dos produtos fundidos.		
MAGMASoft	Desenvolvido pela MAGMA GmbH, o MAGMASoft destaca-se como uma ferramenta robusta para simulações de processos de moldagem de metais. Sua aplicação abrange desde simulações de moldagem por injeção até fundição sob pressão, contribuindo para a otimização de processos industriais e aprimoramento da qualidade do fundido.	\$	✓
COMSOL	Desenvolvido pela COMSOL, Inc., o COMSOL Multiphysics é um ambiente de simulação avançado que permite a modelagem de fenômenos físicos em diversas disciplinas, com aplicações como simulações de transferência de calor e problemas elétricos.	\$	
Fluent	O Fluent, desenvolvido pela ANSYS, Inc., destaca-se como uma ferramenta crucial para simulações de dinâmica dos fluidos computacional (CFD). Amplamente utilizado na indústria e pesquisa, o Fluent permite a análise detalhada de fluxo de fluidos, transferência de calor e fenômenos relacionados, desempenhando um papel essencial em projetos que envolvem otimização de desempenho e eficiência em sistemas fluidos.	\$	
DICTRA	O DICTRA é um software dedicado às simulações de difusão em sólidos, sendo valioso para estudos de movimento de átomos e íons em materiais. Amplamente utilizado em pesquisas relacionadas a ligas metálicas, o DICTRA, com origens na Alemanha, proporciona insights sobre o comportamento de difusão em diferentes condições e composições materiais.	\$	
JMatPro	O JMatPro é uma ferramenta especializada em simulações termoquímicas e termodinâmicas de materiais. Amplamente utilizado na indústria de materiais, o JMatPro permite a previsão de propriedades mecânicas e térmicas em diferentes condições, contribuindo para o projeto de materiais avançados e processos de fabricação.	\$	

Materials Studio	O Materials Studio, uma plataforma desenvolvida pela BIOVIA, é uma ferramenta integrada para modelagem e simulação em ciência de materiais. Seu escopo abrange desde cálculos de estrutura eletrônica até simulações de dinâmica molecular, proporcionando uma abordagem abrangente para o estudo e desenvolvimento de novos materiais.	\$	
CES Materials Selector	O CES Materials Selector destaca-se como uma ferramenta para a seleção de materiais com base em propriedades específicas. Desenvolvido pela Granta Design, esse software é amplamente utilizado na indústria para a seleção criteriosa de materiais, levando em consideração requisitos técnicos, econômicos e ambientais.	\$	
CaRIne	O CaRIne é uma ferramenta dedicada à simulação de processos de transferência de calor. Amplamente utilizado em estudos de engenharia térmica, o CaRIne permite a modelagem e análise de trocas térmicas em diferentes contextos, contribuindo para o projeto eficiente de sistemas de refrigeração e aquecimento.	\$	
CES EduPack	O CES EduPack, desenvolvido pela Granta Design, destaca-se como uma ferramenta educacional abrangente para o ensino de ciência e engenharia de materiais, que já é utilizada no DEMa e em instituições acadêmicas em todo o mundo, o CES EduPack facilita a compreensão de propriedades e seleção de materiais, proporcionando uma base sólida para estudantes e pesquisadores.	\$	✓
Crystal Maker	O Crystal Maker é uma ferramenta poderosa para a visualização e modelagem de estruturas cristalinas. Amplamente adotado por pesquisadores em cristalografia e ciência de materiais, o Crystal Maker permite a representação tridimensional de estruturas cristalinas, contribuindo para a compreensão visual e análise de arranjos atômicos em materiais.	\$	
Quantum Espresso	O Quantum Espresso destaca-se como uma ferramenta gratuita para cálculos sobre a estrutura eletrônica de materiais. Utilizado por pesquisadores em física de materiais e química quântica, o Quantum Espresso proporciona uma abordagem avançada para simulações de propriedades eletrônicas, contribuindo para a compreensão fundamental do comportamento de materiais em níveis atômicos.		

2.4 MAPEAMENTO INFORMÁTICO NO DEMA

A consulta conduzida na Trilha Computacional resultou na identificação dos principais softwares (e linguagens computacionais) que o corpo docente utiliza ou já utilizou no ensino das disciplinas ou em suas pesquisas. Muitos desses softwares já foram abordados na seção anterior, conforme evidenciado na Tabela 2, mas há outros que ainda não foram mencionados, por não serem citados na literatura em que a seção anterior se baseia.

Antes de apresentá-los, é importante mencionar que estes não estarão incluídos na análise feita para os resultados, pois se tratam de ferramentas já disponíveis no DEMa. A descrição destes está na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição dos softwares e linguagens já utilizados no DEMa.

Software / Linguagem	Descrição
LaTeX	O LaTeX, originado em 1985 por Leslie Lamport, é uma linguagem muito utilizado na comunidade acadêmica para a produção de textos científicos e técnicos. Sua principal função é fornecer uma estrutura consistente para a criação de textos, especialmente útil para artigos, teses e relatórios complexos.
Python	Python, desenvolvido por Guido van Rossum na década de 1990, é uma linguagem de programação versátil e de alto nível, sendo empregada em praticamente qualquer área de pesquisa. Na Engenharia de Materiais, por exemplo, pode ser utilizado para uma análise de dados extensa de simulações e testes de ensaio, ou para melhor controle dos instrumentos de automação nos laboratórios.
PTCLab	O PTCLab é utilizado em laboratórios para aquisição de dados e controle de instrumentos em experimentos práticos. Na EMA, é comum realizar testes experimentais para entender propriedades específicas dos materiais, e o PTCLab facilita essa coleta de dados, contribuindo para a análise e compreensão de comportamentos materiais.
TA Instruments	A TA Instruments oferece softwares para análise térmica e reologia. Essas ferramentas são essenciais para a caracterização de propriedades térmicas e mecânicas dos materiais, proporcionando insights valiosos para o design e a seleção de materiais em diferentes aplicações e condições.
JEMS	O JEMS (Java ElectroMagnetic Simulator) é um software utilizado na EMA para simulação de fenômenos eletromagnéticos e análise de dispositivos magnéticos. Desenvolvido para fornecer insights detalhados sobre o comportamento eletromagnético de materiais, o JEMS é valioso para pesquisadores que buscam compreender e otimizar propriedades magnéticas em diversos contextos.
ASTAR Phase	O ASTAR Phase é uma ferramenta de modelagem relevante na EMA, dedicada à simulação de equilíbrio de fases em sistemas materiais. Utilizado para prever e compreender as condições em que diferentes fases de materiais coexistem, o ASTAR Phase é de grande importância para projetos que envolvem a seleção e otimização de materiais em ambientes específicos.
Autodesk Moldflow/Inventor	Os softwares da Autodesk, como o Moldflow e o Inventor, são de grande ajuda na EMA. O Moldflow é utilizado para simulação de processos de moldagem por injeção, auxiliando no design de peças plásticas. O Inventor é uma ferramenta CAD (Desenho Assistido por Computador) que permite o design tridimensional de produtos, sendo valioso para a criação e análise de componentes e estruturas em engenharia de materiais.

GATAN	O GATAN é um software utilizado em microscopia eletrônica para adquirir e analisar imagens de alta resolução. Desenvolvido para trabalhar em conjunto com microscópios eletrônicos, o software oferece recursos avançados de processamento de imagens, permitindo a análise detalhada da morfologia e estrutura de materiais ao nível microscópico.
FactSage	O FactSage é uma ferramenta poderosa para cálculos termodinâmicos e equilíbrio de fases em sistemas de materiais. É utilizado para entender e prever o comportamento de materiais em diferentes condições de temperatura e composição, contribuindo para a otimização de processos e a seleção de materiais adequados.
Origin	O Origin destaca-se por ser uma ferramenta de análise gráfica de dados. Ele é utilizado para visualização e interpretação de resultados experimentais, proporcionando uma representação clara e eficaz de dados complexos, o que é útil na análise de experimentos e na comunicação de resultados na área.

3 RESULTADOS

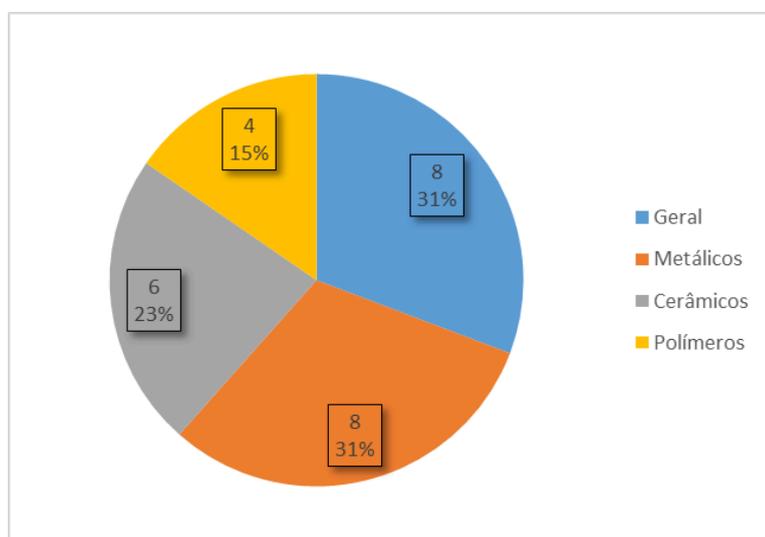
Após a análise de todas as disciplinas do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) dentro do projeto pedagógico do curso, estabeleceu-se uma relação entre as potenciais ferramentas mencionadas na literatura desses estudos e as disciplinas oferecidas pelo departamento. Na Tabela 4 é apresentada a correlação entre várias disciplinas e os softwares.

Tabela 4 - Levantamento de possíveis ferramentas informáticas nas disciplinas do DEMa

Disciplina	Ênfase	Possíveis ferramentas informáticas
03.084-8: Mecânica dos Sólidos 1	Geral	DEFORM, ABAQUS, OOF2, LAMMPS, MATLAB, COMSOL, Materials Studio
03.021-0: Ciência dos Materiais 1	Geral	CarlNe, VASP, ABNIT, Crystal Maker, Quantum Espresso
03.022-8: Ciência dos Materiais 2	Geral	CarlNe, VASP, ABNIT, Crystal Maker, Quantum Espresso
03.040-6: Termodinâmica dos Sólidos	Geral	ThermoCalc, Pandat, OVITO, JMatPro
03.034-1: Fundamentos de Reologia	Geral	COMSOL, Fluent
03.065-1: Materiais Cerâmicos	Cerâmicos	Crystal Maker
03.066-0: Materiais Metálicos	Metálicos	ProCAST, MAGMASoft, DEFORM
03.071-6: Processamento de Materiais Poliméricos	Polímeros	DICTRA, JMatPro, Materials Studio
03.072-4: Processamento de Materiais Metálicos	Metálicos	DICTRA, JMatPro, OVITO, ProCAST, MAGMASoft, DEFORM, Materials Studio
03.073-2: Processamento de Materiais Cerâmicos	Cerâmicos	DICTRA, JMatPro, Materials Studio
03.041-4: Seleção de Materiais	Geral	CES Materials Selector, CES EduPack
03.127-5: Formulação, Cinética e Equilíbrio em Materiais Cerâmicos	Cerâmicos	VASP, ABNIT, Quantum Espresso, Thermo-Calc
03.125-9: Propriedades Mecânicas e Termomecânicas dos Materiais Cerâmicos	Cerâmicos	OOF2, LAMMPS, ABAQUS, JMatPro, CarlNe, Materials Studio
03.122-4: Cerâmicas Refratárias	Cerâmicos	CES Materials Selector, CES EduPack, CarlNe
03.220-4: Metalurgia Mecânica	Metálicos	DEFORM, ABAQUS, OOF2, MATLAB, LAMMPS, Materials Studio
03.280-8: Metalurgia Física	Metálicos	DICTRA, Crystal Maker
03.290-5: Tratamentos Térmicos	Metálicos	DICTRA, JMatPro, OVITO, CarlNe
03.222-0: Conformação Mecânica	Metálicos	DEFORM, ABAQUS, OOF2, LAMMPS
03.231-0: Fundição	Metálicos	ProCAST, MAGMASoft, DICTRA, JMatPro, OVITO, Pandat

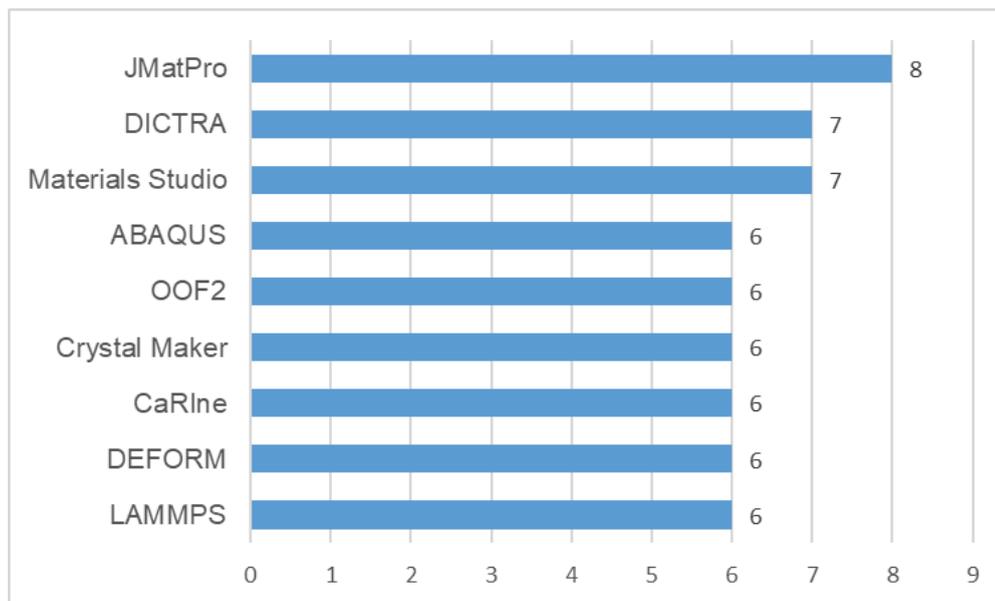
03.321-9: Estrutura e Propriedades dos Polímeros	Polímeros	Crystal Maker
03.351-0: Síntese de Polímeros	Polímeros	Crystal Maker
03.361-8: Processamento de Termoplásticos	Polímeros	ABAQUS, OOF2, MATLAB, LAMMPS
100.063-4: Introdução à Nanotecnologia	Geral	OVITO
03.427-4: Cerâmicas Eletro-Eletrônicas	Cerâmicos	Quantum Espresso, Thermo-Calc, COMSOL, VASP, ABINIT
03.453-6: Análise e Prevenção de Falhas	Metálicos	OOF2, LAMMPS, ABAQUS, JMatPro, DEFORM, MATLAB, Materials Studio
100.126-7: Análise Térmica de Materiais Cerâmicos e Metálicos	Geral	DICTRA, CarIne

Gráfico 2 - Proporção de softwares sugeridos por ênfase



Observa-se que, embora existam diversas opções para todas as ênfases (materiais metálicos, cerâmicos ou poliméricos), destaca-se um maior foco de ferramentas nos processos relacionados a materiais metálicos (Gráfico 2). Seria benéfico explorar mais possibilidades para as outras áreas, uma vez que existem ferramentas que podem oferecer contribuições valiosas. Essa ampliação da busca pode enriquecer ainda mais o leque de recursos disponíveis, proporcionando benefícios significativos para o ensino e pesquisa em todas as ênfases do curso de Engenharia de Materiais.

Gráfico 3 - Softwares mais citados como sugestões de implementação



Ademais, é evidente que alguns softwares foram frequentemente mais citados do que outros nos resultados apresentados pela Tabela 4. Seria interessante iniciar a análise da implementação dando prioridade aos softwares mais mencionados (Gráfico 3), uma vez que provavelmente possuem uma maior relevância para as disciplinas do curso no geral.

É fundamental destacar que as sugestões apresentadas resultam da correlação das principais funcionalidades desses softwares com as ementas e os objetivos propostos pelas disciplinas. É claro que a aplicação de todas as sugestões seria inviável, mas a intenção é listar possíveis usos para os próximos anos, visando enriquecer o conhecimento e, possivelmente, promover alterações na abordagem do ensino do assunto. Além disso, é relevante salientar que as ferramentas mencionadas na Seção 2.3 não foram incluídas nesta análise, uma vez que já estão disponíveis no Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) pelo corpo docente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A interseção entre Ciência e Engenharia de Materiais com a informática resulta não apenas na evolução natural do curso, mas também em uma resposta proativa às demandas crescentes da indústria e da pesquisa nesse campo, tanto nacional quanto internacionalmente. Visto que a tecnologia nunca deixará de progredir, o projeto pedagógico também não deve estagnar, mas sim estar em contínua mudança, como já aconteceu diversas vezes na história do curso.

A atualização constante da grade curricular, em concordância com os avanços tecnológicos, contribuirá para a formação de profissionais altamente qualificados e preparados para enfrentar os desafios emergentes. Essa abordagem estratégica não apenas fortalecerá a posição do curso como referência nacional em Engenharia de Materiais, mas também assegurará que os graduandos estejam na liderança das inovações e prontos para contribuir significativamente para o desenvolvimento contínuo da área.

Com base nos resultados e justificativas apresentados ao longo deste estudo, torna-se evidente a existência de uma ampla variedade de opções para a informatização de disciplinas no ensino, ao observar algumas práticas adotadas em outros países. Assim, este trabalho oferece potencial contribuição ao mapear a integração da informática no exterior, com especial ênfase no curso de Engenharia de Materiais do DEMa-UFSCar. Além disso, contribuiu para gerar ideias e embasamentos que podem fortalecer propostas de mudanças no currículo do curso.

REFERÊNCIAS

THORNTON, John. Computational materials science and engineering education: A survey of trends and needs. **JOM**, Estados Unidos, v. 61, n. 10, out. 2009, p. 12-17. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-009-0142-3>.

National Research Council. **Integrated Computational Materials Engineering: A Transformational Discipline for Improved Competitiveness and National Security**. 1. ed. Washington, DC, 2008. 152 p.

KONONOV, Alina. Computational Curriculum for MatSE Undergraduates. **ASEE**, Estados Unidos, out. 2017. Disponível em: <https://peer.asee.org/computational-curriculum-for-matse-undergraduates.pdf>.

UFSCar. Projeto Pedagógico - Curso Bacharelado em Engenharia de Materiais. São Carlos: dez. 2022. 152.

ZACHARIA, C. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. **JCAL**, Chipre, v. 23, n. 2, abr. 2007, p. 120-132. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2729.2006.00215.x>.

MAGANA, Alejandra. Introducing Discipline-Based Computing in Undergraduate Engineering Education. **ACM Trans**, Estados Unidos, v. 13, n. 4, nov. 2013, p. 22. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2534971>.

MAGANA, Alejandra. Materials Science Students' Perceptions and Usage Intentions of Computation. **ASEE**, Estados Unidos, jun. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236593676_Materials_Science_Students'_Perceptions_and_Usage_Intentions_of_Computation.

MAGANA, Alejandra. An exploratory survey on the use of computation in undergraduate engineering education. **IEEE**, Estados Unidos, out. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261047248_An_exploratory_survey_on_the_use_of_computation_in_undergraduate_engineering_education.

ZHANG, Xiao. Computational Curriculum for MatSE Undergraduates and the Influence on Senior Classes. **ASEE**, Estados Unidos, jun. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344811857_Computational_Curriculum_for_MatSE_Undergraduates_and_the_Influence_on_Senior_Classes.

POLASIK, Alison. Successes and Lessons Learned in an Undergraduate Computational Lab Sequence for Materials Science and Engineering. **ASEE**, Estados Unidos, 2017. Disponível em: <https://peer.asee.org/successes-and-lessons-learned-in-an-undergraduate-computati>

onal-lab-sequence-for-materials-science-and-engineering.pdf.

OOF2. **OOF2**: the manual. Disponível em:
<https://www.ctcms.nist.gov/~langer/oof2man/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

REID, Andrew. Modelling microstructures with OOF2. **Int. J. Materials and Product Technology**, Estados Unidos, v. 35, n. 3/4, mai. 2009, p. 361-373. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/279898275_Modelling_microstructures_with_OOF2.

Thermo-Calc Software. **Thermo-Calc**: Thermodynamics Software. Disponível em:
<https://thermocalc.com/products/thermo-calc/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

SHI, Pingfang. Thermo-Calc and DICTRA, Computational tools for materials science. **JOM**, Estados Unidos, v. 26, n. 2, jun. 2002, p. 273-312. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/223489164_Thermo-Calc_and_DICTRA_Computational_tools_for_materials_science.

MathWorks. **MathWorks**: Solutions. Disponível em:
<https://www.mathworks.com/solutions.html?#applications>. Acesso em: 20 jan. 2024.

LAMMPS. **LAMMPS Molecular Dynamics Simulator**. Disponível em:
<https://www.lammps.org/#gsc.tab=0>. Acesso em: 20 jan. 2024.

PLIMPTON, Steve. Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics. **Journal of Computational Physics**, Estados Unidos, v. 117, n. 1, mar. 1995, p. 1-19. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002199918571039X>.

OVITO. **Sobre o OVITO**. Disponível em: <https://www.ovito.org/about/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

STUKOWSKI, Alexander. Visualization and analysis of atomistic simulation data with OVITO—the Open Visualization Tool. **Journal of Physics: Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering**, Londres, v. 18, n. 1, p. 015012, dez. 2009. Disponível em:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0965-0393/18/1/015012/meta>.

DEFORM. **DEFORM**. Disponível em: <https://www.deform.com/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

EDCTECNOLOGIA. **Abaqus** - Soluções. Disponível em:
<https://edctecnologia.com.br/solucoes/abaqus>. Acesso em: 20 jan. 2024.

COMPUTHERM. **COMPUTHERM**. Disponível em: <https://computherm.com/>. Acesso

em: 20 jan. 2024.

VASP. **VASP**. Disponível em: <https://www.vasp.at/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ABINIT. **ABINIT**. Disponível em: <https://docs.abinit.org/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ESI GROUP. **ProCAST**. Disponível em: <https://www.esi-group.com/products/procast>. Acesso em: 20 jan. 2024.

MAGMASOFT. **MAGMASOFT**. Disponível em: <https://www.magmasoft.com.br/pt/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

COMSOL. **COMSOL Multiphysics**. Disponível em: <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ANSYS. **ANSYS Fluent**. Disponível em: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent>. Acesso em: 20 jan. 2024.

THERMOCALC. **Diffusion Module (DICTRA)**. Disponível em: <https://thermocalc.com/products/add-on-modules/diffusion-module-dictra/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

JMATPRO. **JMATPRO**. Disponível em: <https://software.com.br/p/jmatpro#:~:text=O%20JMatPro%20%C3%A9%20um%20poderoso,multicomponentes%20utilizadas%20na%20pr%C3%A1tica%20industrial>. Acesso em: 20 jan. 2024.

EDCTECNOLOGIA. **BIOVIA Materials Studio**. Disponível em: <https://edctecnologia.com.br/solucoes/biovia-materials-studio/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ANSYS. **Granta Selector**. Disponível em: <https://www.ansys.com/products/materials/granta-selector>. Acesso em: 20 jan. 2024.

CARINE CRYSTALLOGRAPHY. **CARINE CRYSTALLOGRAPHY**. Disponível em: <https://carine-crystallography.software.informer.com/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

ANSYS. **Granta EduPack**. Disponível em: <https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>. Acesso em: 20 jan. 2024.

CRYSTALMAKER. **CRYSTALMAKER**. Disponível em: <https://crystalmaker.com/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

QUANTUM ESPRESSO. **QUANTUM ESPRESSO**. Disponível em: <https://www.quantum-espresso.org/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

GIOANNOZZI, Paolo. Quantum ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials. **Journal of Physics**, Londres, v. 2, n. 21, p. 36, jun. 2009. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/0906.2569>.

LATEX. **Sobre o LaTeX**. Disponível em: <https://www.latex-project.org/about/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

IUCR. **Software - PTCLab**. Disponível em: <https://www.iucr.org/resources/other-directories/software/ptclab>. Acesso em: 20 jan. 2024.

GU, Xinfu. PTCLab: Free and open-source software for calculating phase transformation crystallography. **Journal of Applied Crystallography**, Beijing, v. 49, n. 3, abr. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/302982664_PTCLab_Free_and_open-source_software_for_calculating_phase_transformation_crystallography.

TA INSTRUMENTS. **TRIOS Software**. Disponível em: <https://www.tainstruments.com/trios-software/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

JEMS SWISS. **Brochura do JEMS**. Disponível em: <https://www.jems-swiss.ch/Home/Docs/PDF/jemsBrochure.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024.

UFSCAR. **Equipamento Multiusuário - Sistema ASTAR para orientação e mapeamento de fase**. Disponível em: <https://www.dema.ufscar.br/en/institutional/multi-user-equipment/materials-characterization/complete-astar-system-for-orientation-and-phase-mapping>. Acesso em: 20 jan. 2024.

AUTODESK. **Moldflow Design**. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/moldflow-design>. Acesso em: 20 jan. 2024.

AUTODESK BRASIL. **Soluções para Moldagem por Injeção de Plástico**. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/plastic-injection-molding>. Acesso em: 20 jan. 2024.

GATAN. **Gatan Microscopy Suite Software**. Disponível em: <https://www.gatan.com/products/tem-analysis/gatan-microscopy-suite-software>. Acesso em: 20 jan. 2024.

FACTSAGE. **FactSage**. Disponível em: https://www.factsage.com/fs_family.php.

Acesso em: 20 jan. 2024.

ORIGINLAB. **OriginLab**. Disponível em: <https://www.originlab.com/>. Acesso em: 20 jan. 2024.