



Livro de Resumos do 16º Congresso Interno de Iniciação Científica do Programa PIBIC no CNPEM

Apresentação

É com enorme satisfação que realizamos, no dia 14 de setembro de 2018, o 16º Congresso Interno do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM). Entre agosto de 2017 e julho de 2018, vinte e oito alunos de graduação participaram do programa PIBIC do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os alunos, provenientes dos cursos de Física, Química, Biologia e Engenharias de várias universidades de Campinas e região, desenvolveram trabalhos em diferentes áreas do conhecimento, incluindo física de aceleradores, materiais nano-estruturados, estrutura e função de proteínas e bioprocessos voltados à geração de biocombustíveis. Os detalhes dos projetos apresentados pelos alunos no 16º Congresso Interno do PIBIC/CNPEM estão reunidos neste livro de resumos.

Aproveitamos a ocasião para agradecer ao CNPq pelas bolsas concedidas ao nosso programa e a todos do CNPEM que de alguma maneira contribuíram para a realização deste evento. Gostaríamos de agradecer especialmente aos membros dos Comitês de Avaliação Internos e Externos pelos trabalhos prestados e aos alunos e orientadores que, com muita dedicação e empenho, desenvolveram seus projetos com extremo rigor científico.

Atenciosamente,

Coordenação do Programa PIBIC do CNPEM



O Programa PIBIC no CNPEM

O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) coordena e viabiliza, através de seus Laboratórios Nacionais, o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

O PIBIC tem como principal objetivo estimular a formação científica de estudantes de graduação e representa o primeiro passo na trajetória profissional de jovens que pretendem atuar em pesquisas nas áreas de ciência e tecnologia. Essa oportunidade de contato direto com as atividades científicas enriquece o currículo e beneficia o futuro profissional dos estudantes. A iniciação científica de excelência disponibiliza ao aluno a base necessária para a construção e a consolidação de uma sólida carreira profissional. Nesse sentido, o PIBIC é um valioso mecanismo de incentivo aos jovens talentos.

O PIBIC no CNPEM promove a participação ativa dos alunos em projetos de pesquisa com mérito científico e potencial para serem continuados na pós-graduação. Os Laboratórios Nacionais do CNPEM oferecem ainda um ambiente de pesquisa com infraestrutura e instrumentação científica de excelente qualidade.

Esse cenário favorece o sucesso do Programa. A maioria de nossos ex-alunos de iniciação científica resolvem cursar a pós-graduação; muitos deles continuam trabalhando nos laboratórios do CNPEM enquanto outros acabam atuando no setor privado. Dessa forma, reconhecemos a importância do Programa e acreditamos que o PIBIC/CNPEM atinge seu principal objetivo de contribuir significativamente para a formação de nossos alunos.

Atenciosamente,

Celso Benedetti
Coordenador do PIBIC - CNPEM



Resumos apresentados no 16º Congresso Interno de Iniciação Científica do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)

Comitê Interno de Avaliação de 2018

Dra. Juliana Helena Costa Smetana - LNBio

Dr. Carlos Costa - LNNano

Dra. Juliana Velasco de Castro Oliveira - CTBE

Dr. Marcio Medeiros Soares - LNLS

Comitê Externo de Avaliação de 2018

Prof. Dr. Jorg Kobarg - Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Universidade estadual de Campinas - UNICAMP

Prof. Dr. Christoph Friedrich Deneke - Instituto de Física Gleb Wataghin

Universidade estadual de Campinas - UNICAMP

Campinas, 14 de setembro de 2018

Estrutura atômica e eletrônica do óxido fosforeno: um novo material 2D para nanotransistores

Bolsista: Ana Carolina Rodrigues

Universidade: Universidade Estadual de Campinas

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Luz Sincrotron (LNLS)

Orientador: Dr. Wendell Simões e Silva

Resumo

O trabalho tem sido desenvolvido na linha de luz PGM (Planar Grating Monochromator) do Laboratório Nacional de Luz Sincrotron (LNLS), que faz parte do Centro Nacional de Pesquisa em Energias e Materiais (CNPEM). Nesta segunda fase do projeto focamos no estudo da estrutura eletrônica do fósforo negro (black phosphorus BP), utilizando as técnicas de Difração de Elétrons de Baixa Energia (LEED) e Espectroscopia de Fotoemissão (PES). A preparação da amostra se deu por cleaving in situ na câmara de Epitaxia por feixe molecular (MBE), com pressão abaixo de 1.10^{-9} mbar. Obtivemos padrões de LEED na faixa de 70 e 110 eV. A estrutura eletrônica foi obtida com a Lâmpada de He I (21,2 eV) pressão de medida melhor que 1.10^{-10} mbar. Os resultados obtidos estão de acordo com o que é reportado na literatura. Os próximos passos são realizar a oxidação superficial do BP e comparar com os resultados obtidos até então. Iniciaremos a oxidação da superfície do Fósforo Negro utilizando um cracker carregado com oxigênio no MBE. Realizando o acompanhamento do processo com o LEED, teremos indícios sobre a formação do óxido de forma controlada. Em seguida, iremos realizar experimentos no para observar possíveis modificações na estrutura eletrônica do óxido formado.

Screening de bactérias promotoras de crescimento vegetal através da produção de compostos orgânicos voláteis e solubilização de fosfato

Bolsista: Ana Carolina Teixeira

Universidade: Centro Universitário Claretiano

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Orientador: Dra Juliana Velasco de Castro Oliveira

Co-orientador: Bruno Henrique Silva Dias

Resumo

Os microrganismos rizosféricos são capazes de promover o crescimento vegetal, tornando-se uma alternativa viável para a agricultura, uma vez que estão relacionados com o aumento da produtividade agrícola, de uma forma ambientalmente sustentável. Dentre os microrganismos rizosféricos, as bactérias exercem um impacto positivo no crescimento e saúde vegetal e por isso são denominadas bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV). Entre os mecanismos pelos quais as BPCVs promovem o crescimento e saúde das plantas, pode-se citar: produção de hormônios vegetais, como auxina; regulação de produção de etileno; aumento da disponibilidade de fósforo (P), nitrogênio e ferro no solo; entre outros. A disponibilidade de P é um tópico importante pois, em solos tropicais, há o predomínio da ocorrência de argilas e óxi-hidróxidos de ferro e de alumínio. Estes minerais possuem elevada capacidade de adsorção de fósforo, fixando grande parte deste elemento quando proveniente da adubação fosfatada. Assim, estima-se que apenas 30% do P-fertilizante sejam aproveitados pelas plantas. Neste sentido, o uso de bactérias que solubilizem estes compostos é de interesse para agricultura moderna. Recentemente outro mecanismo de promoção de crescimento vegetal vem chamando atenção, que se deve pela ação de compostos orgânicos voláteis (COVs). Embora os COVs possam ter importante influência no solo, sabe-se relativamente pouco sobre os tipos e quantidades de compostos orgânicos voláteis trocados, e os organismos que os produzem. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de cepas bacterianas isoladas de solo e raiz de cana-de-açúcar para solubilizar fosfatos e promover o crescimento de *Arabidopsis thaliana* através da emissão de COVs. Em relação à solubilização de P, das 13 cepas testadas apenas uma mostrou um crescimento maior da raiz quando na presença de fosfato tricálcico, em relação ao controle (sem inóculo), o que pode indicar uma solubilização in vivo deste composto. Em relação aos COVs, os melhores resultados foram obtidos para duas cepas de *Serratia* sp, pois os voláteis dessas bactérias induziram o crescimento da raiz e parte aérea de *A. thaliana*, quando comparado com o nosso controle negativo (sem inóculo). Em particular, destacamos a cepa IAT P6F4, que aumentou em mais de 2,5 vezes a biomassa seca da parte aérea e da raiz, e o comprimento, volume e área da raiz em 2, 3,5 e 2,5 vezes, respectivamente. Esta cepa parece promissora e novos ensaios serão

feitos pelo grupo para investigar os voláteis que estão sendo produzidos através da técnica de HS-GC/MS.

Palavras-chave: bactéria promotora de crescimento vegetal, solubilização de fosfato, composto orgânico volátil.

Estudos estruturais de proteínas de uma nova família de hidrolases glicosídicas

Bolsista: Beatriz Paiva de Souza

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Orientador: Dra Camila Ramos dos Santos

Resumo

Aspectos estruturais e funcionais de hidrolases glicosídicas vêm sendo estudados há décadas e ainda assim há muito para se descobrir nessa área. Famílias importantes ainda não foram totalmente exploradas. Por exemplo em 2012 Aspeborg e colaboradores subdividiram uma família com cerca de 3000 membros em 51 subfamílias e observaram que 20 delas não tinham sequer um membro caracterizado (Aspeborg et al., 2012). Além disso, muitas famílias apresentam somente um membro caracterizado, justamente aquele responsável pela criação da família. Se por um lado pouco se conhece do universo GH, por outro lado os avanços tecnológicos têm permitido avançar muito rapidamente na descoberta de novas estratégias para a degradação de carboidratos, como por exemplo, as celulasas multidomínios que “escavam” a fibra de celulose (Brunecky et al., 2013).

Desenvolvimento de antagonistas do receptor β 2-adrenérgico empregando uma estratégia “soft drug”

Bolsista: Bianca Alves de Oliveira

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade do CNPEM: Laboratório Nacional de Biociências (LNBio)

Orientador: Dra. Marjorie C.P. Bruder

Resumo

Receptores β -adrenérgicos são uma classe de receptores de membrana envolvidos em mecanismos de sinalização celular, relacionados a substâncias agonistas, como a adrenalina, ou antagonistas, chamados de beta-bloqueadores. Os receptores estão distribuídos em tecidos de importantes órgãos. Receptores β 1 podem ser encontrados nos rins e no coração, enquanto receptores β 2 estão localizados nos pulmões e na pele. Antagonistas sintéticos são utilizados para tratamento de problemas cardíacos (receptor β 1), enquanto agonistas do receptor β 2 são utilizados para tratamento de asma. Tais substâncias antagonistas são amplamente estudadas nos dias atuais, uma vez que estas podem estar ligadas ao combate ao câncer (inibição de metástase) e o tratamentos de alergias e inflamações na pele. Neste último caso, estratégias de soft drug poderiam ser empregadas no desenho de novos antagonistas. Após estudar as características estruturais determinantes na seletividade para o receptor β 2 da molécula de ICI-118,551, bem como de seus derivados, os compostos foram avaliados em ensaios biológicos por colaboradores da Universidade de Nottingham. A análise dos dados biológicos mostrou a importância do grupo metila em diferentes porções do composto tanto para a afinidade de cada composto pelos receptores β 1 e β 2 e para a seletividade para o receptor β 2. A partir destes resultados obtidos, também foi possível selecionar compostos para incorporar o elemento responsável pela função soft drug e propor novos candidatos à fármaco.

Filmes finos de cupratos supercondutores de alta temperatura crítica

Bolsista: Pedro Caetano Sabino Santos

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

Orientador: Dr. Thiago José de Almeida Mori

Resumo

Na maioria dos casos o crescimento de um filme fino epitaxial não é trivial porque pequenas alterações nas condições de crescimento podem gerar distorções na microestrutura da amostra. Tendo isto em vista, este trabalho tem como objetivo analisar a influência dos parâmetros de crescimento na estrutura e morfologia de filmes finos supercondutores (YBa₂Cu₃O₇). Os filmes são depositados sobre substratos de SrTiO₃ por deposição por laser pulsado (PLD). Técnicas de difração de raios-x, espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios-x, e microscopia de varredura por sonda são utilizadas para verificar a qualidade estrutural, a estequiometria e a morfologia de cada amostra, respectivamente. Os resultados de microscopia mostraram que o aumento da espessura depositada, da frequência dos pulsos ou da fluência do laser ocasionam um aumento da rugosidade. Já os difratogramas mostraram que a diminuição da espessura do filme e da fluência do laser refletem em uma melhora da estrutura cristalina da amostra, enquanto o aumento da fluência tem como impacto uma piora dessa estrutura. A análise química das amostras, apesar de pouco conclusiva, indicou que filmes crescidos à 10 Hz apresentam uma estrutura química mais próxima da esperada de um YBa₂Cu₃O₇ supercondutor. Por fim, o resultado obtido para o teste de resistividade mostrou que a amostra com melhores características possui uma transição supercondutora em uma temperatura próxima à do material em forma massiva.

Desenvolvimento de um método de alinhamento automático da estação experimental XTMS (X-Ray Diffraction and Thermomechanical Simulation)

Bolsista: Carlos Eduardo Mendes

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

Orientador: Dr Rodnei Bertazzoli

Resumo

A Iniciação Científica teve como intuito a integração de etapas utilizadas para análise de materiais na linha XTMS, de diferentes softwares, para Python e o alinhamento automatizado enquanto a máquina executa a varredura de dados. Finalizado o projeto inicial, a iniciação está voltada para correção e criação de arquivos em Matlab para gerar dados de interesse. Para isto, foi necessário a utilização de bibliotecas disponíveis pelo Python, sendo Matplotlib, detect_peaks e LmFit responsáveis pela Varredura de Picos e Fit dos Gráficos, e a biblioteca Py4Syn responsável pelo Alinhamento Automático. Como resultado, foi realizado um conjunto de arquivos em linguagem Python que permitem gerar gráficos e dados de interesse do usuário, salvar dados e atualizar em arquivos de texto e repetir etapas de alinhamento. Também, um conjunto de interfaces gráficas para o Matlab foi criado, para gerar arquivos, gráficos e vídeos de interesse.

Conectando o intestino e o cérebro: investigando o papel do microbioma no surgimento e evolução da doença de Parkinson esporádica

Bolsista: Dionisio Pedro Amorim Neto

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Biociências (LNBio)

Orientador: Dr. Matheus de Castro Fonseca

Resumo

A doença de Parkinson (DP) é uma doença neurodegenerativa progressiva com manifestações clínicas devastadoras. Na DP, a morte neuronal está associada ao acúmulo intracelular de uma proteína sináptica denominada α -sinucleína, formando estruturas conhecidas como corpos de Lewy. A doença é encontrada em duas formas principais: DP familiar, compreendendo 10% dos casos e DP esporádica, compreendendo 90% dos casos. Embora a causa da DP esporádica não seja completamente compreendida, evidências sugerem que a α -sinucleína mal-enovelada é encontrada nos nervos entéricos antes mesmo de aparecer no cérebro. Desta forma, uma possível causa da DP esporádica é o mal-enovelamento e acúmulo da α -sinucleína no intestino, sua migração pelos nervos periféricos e espalhamento no sistema nervoso central. Isto é devido ao fato de que a α -sinucleína mal enovelada inicia o misfolding de α -sinucleína nativa em células receptoras, fazendo com que a DP seja considerada uma prion-like disease. Demonstrou-se que as células enteroendócrinas (EECs), que fazem parte do epitélio intestinal, possuem propriedades semelhantes aos neurônios e se conectam aos nervos entéricos. Uma vez que as EECs estão expostas ao lúmen intestinal, essas células estão em constante interação com o microbioma, que pode regular muitos processos fisiológicos e patológicos. O processo evolutivo centrado na interação do microbioma com o trato gastrointestinal propõe um papel importante da microbiota associada ao intestino na manutenção da homeostase e saúde humana. Avanços recentes na pesquisa de microbiomas sugerem que a microbiota gastrointestinal pode desempenhar um papel importante na patogênese de distúrbios neurodegenerativos, como a DP e esclerose múltipla (EM). Descobriu-se que dois grupos de bactérias, *Acinetobacter* e *Akkermansia*, eram quatro vezes mais abundantes em pacientes com EM do que em indivíduos sem a doença. Já um outro grupo, *Parabacteroides*, foi quatro vezes mais abundante em pessoas saudáveis. Portanto, as EECs, dada sua conexão com as células neuronais e interação com o microbioma intestinal, podem desempenhar um papel crítico na transmissão da patologia do parkinson do intestino para o sistema nervoso central. Portanto, entender como o microbioma pode influenciar a agregação de α -sinucleína e como esses amilóides são internalizados pelos neurônios periféricos intestinais lançará nova luz sobre intervenções clínicas inovadoras e descoberta de novas drogas para o tratamento da doença.

Estudo de um possível efeito torsiocalórico em polímeros

Bolsista: Edson Paschoal Bueno Brandão

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

Orientador: Dr Alexandre Magnus Gomes Carvalho

Resumo

A refrigeração de estado sólido baseada em efeitos i-calóricos é considerada a principal alternativa aos métodos de refrigeração convencionais. O efeito i-calórico induzidos por torções, chamado torsiocalórico, nunca foi observado experimentalmente até o momento. De modo a preencher essa lacuna, no presente estudo foi construído um aparato para experimentos de torção com controle da temperatura. Os testes realizados utilizando amostras poliméricas demonstraram que é possível obter um controle preciso de temperatura na dentro da faixa de -100°C e 100°C , mostrando que os experimentos torsiocalóricos com esse sistema são viáveis. Também foi dado início ao projeto de uma redoma retrátil, que irá gerar um ambiente controlado para experimentos em uma máquina de ensaios universais.

Nanopartículas de sílica funcionalizadas com carboidratos e sua interação com a membrana bacteriana

Bolsista: Gabriel Floriano Costa

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

Orientador: Dr Mateus Borba Cardoso

Resumo

O relatório a seguir descreve a síntese de nanopartículas de sílica (SiO₂NPs) e diferentes estratégias de funcionalização com sacarídeos (glicose e galactose) visando aumentar sua interação com a membrana de bactérias. Esses microrganismos possuem estrutura simples e ausência de receptores específicos, sendo recobertos por uma camada dos chamados lipolissacarídeos (LPS). Dessa forma a modificação com sacarídeos pode potencializar a interação nanopartícula-bactéria através de uma interação carboidrato-carboidrato, resultando no seu direcionamento. Características das partículas sintetizadas como tamanho, distribuição de tamanho e agregação das SiO₂NPs foram avaliadas por espalhamento de luz dinâmico (DLS) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Esta última também foi utilizada para investigar o comportamento e interação das nanopartículas quando incubadas com as bactérias. A funcionalização da superfície das partículas foi avaliada por potencial zeta. Foi estudada a estabilidade coloidal das nanopartículas em meios como tampão fosfato (PB) 10 mM e tampão fosfato salino (PBS) 10 mM ambos em pH 7,4 pela técnica de DLS já que são meios utilizados nos experimentos com bactérias *Escherichia coli* (gram-negativa).

Levantamento de dados para uso do modelo DayCent na avaliação da dinâmica do carbono do solo associada à remoção da palha de cana-de-açúcar para produção de bioenergia.

Bolsista: Guilherme Nobre de Araújo

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Orientador: Dr Ricardo de Oliveira Bordonal

Resumo

A produção de bioenergia, em especial os biocombustíveis líquidos, tem sido evidenciada, a fim de aumentar a segurança energética e reduzir os impactos das mudanças climáticas. Este cenário, somado ao aumento de demanda por energia para os próximos anos tem fortalecido investimentos em tecnologias, a fim de, utilizar os resíduos de culturas como matéria-prima para a produção de bioenergia. Diante deste contexto, a palha de cana-de-açúcar surge como potencial de utilização na indústria, maximizando a produção de bioeletricidade e/ou etanol de segunda geração (2G). No entanto, apesar da remoção da palha de cana-de-açúcar do solo para produção de bioenergia ser vantajosa do ponto de vista de segurança energética, a manutenção dessa matéria-prima no campo desempenha um papel fundamental no fornecimento de serviços ecossistêmicos, tais como a melhoria da qualidade do solo e a produção de biomassa. O objetivo neste projeto foi avaliar os efeitos da remoção da palha na dinâmica temporal do carbono (C) do solo levando-se em conta peculiaridades de solo, clima e manejo da cultura na região centro-sul do Brasil. A fim de alcançar os resultados almejados, a proposta foi dividida em duas fases. A primeira foi compreendida entre 01 de fevereiro de 2018 e 31 de julho de 2018, realizando a coleta e avaliação dos dados experimentais de campo de curto e médio prazo. Já a segunda etapa será compreendida entre 01 de agosto de 2018 e 31 de dezembro de 2018, utilizando a modelagem matemática (DayCent) para simular e antever as implicações da remoção da palha sobre os estoques de C do solo em longo prazo, de modo a indicar um manejo adequado visando atenuar os potenciais efeitos adversos dessa remoção. Espera-se que resultados gerados neste projeto possam auxiliar em definições de políticas públicas e setoriais visando a sustentabilidade da produção agrícola de cana-de-açúcar e bioenergia.

Palavras-chave: DayCent; modelagem biogeoquímica; matéria orgânica do solo; manejo da palha; etanol 2G; gases de efeito estufa; sustentabilidade.

Dopagem eletrostática em filmes finos de óxidos complexos

Bolsista: Hélio Antonio Geiger Porta

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade do CNPEM: Laboratório Nacional de Luz Sincrotron (LNLS)

Orientador: Dr Pedro Schio de Noronha Muniz

Resumo

O presente manuscrito é um relatório de atividades de um projeto de iniciação científica. O projeto propõe o estudo e caracterização elétrica de líquidos iônicos para posterior aplicação em dopagem eletrostática. Este relatório é relativo ao período entre janeiro e junho de 2018 no qual o estudante teve primeiro contato com os temas relacionados com o projeto. A seguir encontra-se uma breve descrição dos materiais denominados líquidos iônicos e de algumas características de um experimento eletroquímico. Para prosseguimento do trabalho foi necessário o desenvolvimento de um programa para controle e automação de experimentos de aplicação de tensão e leitura de corrente elétrica. O programa foi escrito em linguagem lab view e se encontra descrito, assim como medidas realizadas em resistor e capacitores utilizando mesmo.

Desenvolvimento de algoritmos iterativos para μ -tomografia de amostras biológicas

Bolsista: Henrique Carvalhinho Büll

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional da Luz do Sincrotron (LNLS)

Nome do Orientador: Dr Carlos Sato Baraldi Dias

Resumo

A tomografia computadorizada é uma modalidade de imagem que utiliza projeções de raios X em diversos ângulos para obter informações necessárias para reconstruir computacionalmente o interior de um objeto de estudo de forma não invasiva ou destrutiva. A reconstrução das imagens é feita com base em métodos matemáticos especializados que são aplicados por algoritmos desenvolvidos para cada condição experimental. Portanto, é grande a importância do estudo de algoritmos de reconstrução que visam otimizar a qualidade das reconstruções e obter melhores qualidades de imagens. Dentre esses métodos, destaca-se o teorema da fatia de Fourier e a transformada de Radon. Este projeto visou o desenvolvimento de um algoritmo que implementasse a transformada de Radon para simular projeções tomográficas a partir de uma imagem base de teste. Além disso, este trabalho descreve como implementar o código para construir o espaço de Fourier utilizando o teorema da fatia de Fourier.

Desenvolvimento de instrumentação para estudo de supercondutores à base de H₂ sob altas pressões

Bolsista: Judá Souza de Camargo Almeida Santos

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

Orientador: Dr. Narcizo Marques de Souza Neto

Resumo

A utilização de células de pressão (DAC) é imprescindível em experimentos de altas pressões. Assim, deseja-se desenvolver um sistema para carregar hidrogênio criogenicamente em uma DAC usando como modelo os sistemas desenvolvidos por Machida [1] e Chi [2]. Para isso, há uma tubulação e um sistema de válvulas para direcionar o gás para dentro de uma câmara onde estará a DAC. Esta câmara estará conectada ao criostato por um passante térmico, sendo uma extensão do dedo frio do criostato, o qual é utilizado para atingir temperatura de liquefação, da ordem de 15K. Após liquefazer o hidrogênio, o líquido deve preencher o porta-amostra da célula de pressão. Em seguida, a célula de pressão deve ser fechada através da aplicação de pressão, que é feita por meio de quatro parafusos. Através de um sistema de transmissão, o torque do motor é transmitido para uma gearbox. Esta transmite o torque do motor para dois eixos, os quais devem girar em sentidos opostos para maior estabilidade (torques se anulam). Os eixos da gearbox estão acoplados a dois passantes mecânicos que transmitirão a rotação para dentro da câmara contendo a DAC sem que haja perda de gás ou pressão. Esses passantes mecânicos estão alinhados e conectados aos parafusos do cell holder, recipiente no qual a célula estará acondicionada. Os parafusos do cell holder movimentam um pistão que movimentará o pistão da célula, fechando-a. Retirando o cell holder da câmara com a DAC ainda dentro, pode-se apertar manualmente os quatro parafusos da célula. Dessa forma, o gás liquefeito fica preso dentro da DAC em uma pressão de aproximadamente 1,2 GPa. Também foi projetada uma gearbox para ser utilizada na linha de luz a temperatura ambiente com o propósito de aplicar pressão com maior controle.

Obtenção de surfactantes não-iônicos a partir da fração hemicelulose proveniente do bagaço de cana-de-açúcar

Bolsista: Lunara Morena Cunha

Universidade: Faculdade de Tecnologia de Campinas - FATEC CAMPINAS

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol - CTBE

Orientador: Dra Sarita Cândida Rabelo

Resumo

Em face ao petróleo, uma fonte fóssil não renovável de produção de energia e de compostos químicos, biomassas lignocelulósicas apresentam-se como alternativas ecologicamente sustentáveis para a produção de etanol e outros produtos de valor agregado, o que vem chamando a atenção de diferentes setores industriais. Neste sentido, as biomassas lignocelulósicas, especialmente os seus macrocomponentes, celulose, hemiceluloses e lignina, representam um importante potencial para o desenvolvimento de novos produtos. Dentre os insumos de interesse industrial que podem ser obtidos a partir de fontes renováveis, destacam-se os alquil pentosídeos, que podem ser empregados como surfactantes não iônicos em indústrias como a de detergentes, agroquímicos, alimentos e cosméticos. Os alquil pentosídeos podem ser sintetizados a partir de hemiceluloses e, por isso, o presente trabalho teve por objetivo estudar a síntese destes compostos a partir do licor hemicelulósico do bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado com ácido sulfúrico diluído, tendo em vista a abundância desta biomassa no Brasil e a possibilidade de seu aproveitamento para esta finalidade. O estudo foi dividido nas seguintes etapas: (i) síntese de padrões analíticos, (ii) estudo dos parâmetros de processo em um meio sintético, (iii) avaliação das condições otimizadas no licor hemicelulósico e (iv) testes de emulsão e limpeza. Como resultados, observou-se que, no meio sintético, as melhores condições de síntese foram 80°C e 1,5% de ácido metanossulfônico, obtendo um rendimento de 0,2424 + 0,01 g de isoamil-xilosídeo (alquil pensotídeo eleito como alvo de avaliação) por g de meio sintético. Replicando-se a condição para o licor hemicelulósico, apenas 0,0204 + 0,09 g de isoamil-xilosídeo por g de licor foram obtidos, o que corresponde a cerca de 10% do valor produzido no meio sintético. Parte dessa perda de eficiência do processo deve estar relacionada aos compostos interferentes presentes no licor hemicelulósico, que por não se tratar de um meio puro, precisaria de processos mais seletivos para a remoção e preservação dos açúcares. Com relação à performance, o produto sintetizado exibiu propriedades limpantes, mas não emulsionantes. Com isso, infere-se que ele pode ser um intermediário sustentável na síntese de alquil pentosídeos de cadeia longa, capaz de concorrer com produtos comerciais como o cloreto de cetrimônio e o lauril sulfato de sódio, amplamente empregados como surfactantes em variadas formulações.

Estudo do acoplamento magnetoelétrico em interfaces de heteroestruturas de óxidos complexos

Bolsista: Maíra Dombroski Neme

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron - LNLS

Orientador: Dr Julio Criginski Cezar

Co-orientadora: Flavia Regina Estrada

Resumo

O efeito magnetoelétrico é um fenômeno que permite controle da magnetização de um material ao aplicar um campo elétrico, ou da polarização elétrica ao aplicar um campo magnético. Este efeito é observado quando, em certo intervalo de temperatura, um material apresenta ordem ferroelétrica e ferromagnética. Outra situação que este efeito pode ser observado é quando materiais magnéticos e materiais ferroelétricos são integrados na forma de compósitos ou, como no caso deste projeto, na forma de heteroestruturas nanométricas. Este tipo de acoplamento magnetoelétrico é baseado na interface entre duas camadas diferentes e tem grande potencial para aplicação em, por exemplo, dispositivos de memória e sensores magnéticos. Heteroestruturas dos óxidos BaTiO₃ e (La,Sr)MnO₃ com diferentes espessuras entre as camadas são um sistema modelo para o estudo destes fenômenos. Ambas as fases apresentam estrutura perovskita, o que facilita a integração destes materiais em filmes. Neste sistema o BaTiO₃ apresenta propriedades ferroelétricas enquanto o La_{2/3}Sr_{1/3}MnO₃ é um composto ferromagnético com alta polarização dos spins. Neste projeto, reportamos o crescimento e caracterização de 22 heteroestruturas de (La,Sr)MnO₃ e BaTiO₃ em substratos de SrTiO₃ orientados na direção (100) para investigar o acoplamento magnetoelétrico entre as camadas. Utilizamos difração de raio X, microscopia de força atômica, microscopia de força piezoelétrica, microscopia kelvin e microscopia eletrônica de varredura por transmissão para observar topografia, defeitos de crescimento, polarização elétrica e defeitos nas interfaces. Nossas amostras cresceram epitaxiais, no entanto, alguns defeitos na estrutura cristalina do BTO têm aparecido depois de 5nm. Pudemos gravar domínios elétricos em 3 amostras, demonstrando que elas são ferroelétricas. A rugosidade das superfícies (área de 1μm²) variou de 200pm a 6nm.

Descoberta e desenvolvimento de inibidores da enzima Oxidase Alternativa (AOX) de *Moniliophthora perniciosa*

Bolsista: Maria Luiza Laurindo Vieira

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade do CNPEM: Laboratório Nacional de Biociências

Orientador: Dra Silvana A. Rocco

Resumo

O cacau (Theobroma cacao) é muito atingido pela doença vassoura-de-bruxa, causada pelo fungo patógeno *Moniliophthora perniciosa*. A doença traz grandes prejuízos para as plantações de cacau, configurando um dos maiores problemas fitopatológicos do Brasil. O fungo citado tem um complexo ciclo de vida hemibiotrófico, com duas fases, a primeira causa hipertrofia das áreas infectadas; e a segunda fase causa a necrose, gerando cogumelos e fechando o ciclo de esporulação. Todo esse ciclo sugere que a interação planta-patógeno envolve uma série de moléculas para que a doença consiga se estabelecer com sucesso na maior parte dos hospedeiros. Para o combate da doença tem sido estudada a inibição da enzima Oxidase Alternativa (AOX) e os resultados têm sido promissores. A AOX é uma enzima transmembrana, parte da cadeia respiratória do fungo. Sua função é permitir que a respiração do fungo continue mesmo com a via principal bloqueada (ação de antifúngicos tradicionais). Com base nesse cenário, o objetivo dessa pesquisa é projetar e sintetizar moléculas derivadas das N-fenilbenzamidas, que já mostraram significativa atividade inibitória na enzima em testes preliminares, para bloquear a rota alternativa de respiração do fungo. Essa tem se mostrado uma forma promissora de combater a doença Vassoura-de-bruxa. Para a obtenção dessas moléculas foram utilizadas rotas sintéticas baseadas nas reações de Schöttem-Baumann, ajustados para melhorar a pureza e rendimento das moléculas, estabelecendo a melhor rota para a obtenção das N-fenilbenzamidas. A biblioteca está completa com 146 moléculas das 130 propostas. A caracterização foi feita por espectroscopia de RMN, HPLC/UV-Vis e medidas de ponto de fusão. Para os testes de atividade de inibição da AOX, a levedura *Pichia pastoris* se mostrou um bom modelo de avaliação. Assim mostrou-se que alguns compostos têm atividade contra a enzima, sendo que um deles, 7J-41, se mostrou com alta atividade e possivelmente menor toxicidade para a planta. O combate dessa doença é de grande importância no cenário da agricultura brasileira, pois esse fungo causa prejuízos de milhões de reais anualmente, causando impacto significativo na economia.

Utilização de uma nova lipase recombinante para transesterificação e hidrólise de óleos vegetais visando a produção de bio-hidrocarbonetos e biocombustíveis

Bolsista: Melque Natã Pereira da Silva

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Orientador: Dra Leticia Maria Zanphorlin

Resumo

Diante do aumento da demanda por energia e combustíveis, atrelado às necessidades de redução da emissão de poluentes, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para a aplicação e utilização de energias renováveis. Nesse contexto, visando a obtenção de hidrocarbonetos renováveis e biocombustíveis, no presente projeto foram estudadas as características funcionais e de estabilidade de uma nova lipase recombinante previamente selecionada por metodologia in-silico. Para isso, a enzima foi produzida heterologamente em cepa de E. Coli e purificada por meio de cromatografia de afinidade a níquel e por exclusão molecular. A enzima pura foi investigada quanto a capacidade de hidrólise em diferentes óleos vegetais e, utilizando a técnica de dicroísmo circular, quanto a termoestabilidade em condição ácida, levemente alcalina e na presença de metanol, solvente orgânico muito utilizado na transesterificação de óleos vegetais. Os resultados obtidos revelam que a expressão em E. Coli e a subsequente purificação da enzima em apreço foi bem-sucedida. Em adição a isso, verificou-se, que a lipase atua em pH ácido, em torno de 3,5, característica pouco comum entre as lipases caracterizadas até atualidade, e que possui alta estabilidade em meio contendo metanol. Por fim, observou-se sua alta atividade lipolítica em óleos vegetais como milho, canola, soja, dendê, macaúba e oliva (azeite). Desse modo, os resultados corroboram o grande potencial de aplicação da nova lipase em reações de transesterificação visando obter biodiesel e em reações de hidrólise, em meio ácido, com vista a obtenção de ácidos graxos que podem ser substrato para descarboxilases, resultando em 1-alcenos (hidrocarbonetos). Estes possuem alto potencial industrial e econômico e podem ser usados como precursores para a produção de biocombustíveis avançados, como o diesel verde e o bioquerosene de aviação.

Desenvolvimento de estratégias de pré-tratamento para minimização de insumos químicos e operacionais do processo de produção do E2G.

Bolsista: Michelle Fernandes Araujo.

Universidade: Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCAMP).

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Orientador: Dra Sarita Cândida Rabelo

Resumo

Um dos grandes desafios relacionados à produção do etanol de segunda geração (E2G) está em determinar a melhor opção de disponibilizar a celulose a partir da etapa de pré-tratamento, considerando fatores como rendimento da reação, custo e impacto ambiental. O pré-tratamento é uma das etapas mais caras no processo e muitos estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de tornar o processo economicamente viável. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo estudar a etapa de pré-tratamento com foco em dois processos: uso de meios tamponantes e a combinação de líquido iônico com solvente orgânico (Etanol). A utilização de soluções tamponadas a 4,8, minimiza uma etapa de ajuste de pH do meio, nas etapas subsequentes do processo (hidrólise enzimática e fermentação alcoólica), eliminando, assim, os processos de lavagem e de correção de pH. Os melhores resultados de hidrólise enzimática mostram conversões de celulose de 50,3%, resultado muito próximo a processos convencionais de pré-tratamento estudados na literatura com o caso do hidrotérmico e ácido diluído. No caso do pré-tratamento com líquido iônico prótico (LIPs) – 2HEAA (Acetato de 2-hidroximonoetanolamônio) - e etanol, foi possível observar uma elevada solubilização da lignina (47,7%) a 170°C, 60 min e proporção de 30:70 2HEAA:etanol, promovendo uma hidrólise enzimática de 84,1% e 67,9% da celulose e hemiceluloses, respectivamente.

Palavras-chave: pré-tratamento; solução tampão; organossolve com LIP; hidrólise enzimática.

Modificação química de substratos para grades de criomicroscopia eletrônica de transmissão

Bolsista: Otávio Berenguel

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade do CNPEM: Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

Orientador: Dr. Rodrigo Villares Portugal

Resumo

Uma miríade de dificuldades associadas ao uso de difração de raios X para estudos estruturais de macromoléculas biológicas, em especial os complexos proteicos, puderam ser solucionadas com o advento da criomicroscopia eletrônica (cryo-EM, do inglês Cryogenic Electron Microscopy). Nessa técnica, a amostra, aplicada sobre uma grade, permanece hidratada e congelada dentro de furos de um filme de carbono amorfo (Holey Carbon). A aplicação eficiente da técnica de cryo-EM junto à análise de partículas individuais (SPA, do inglês Single Particles Analysis) requer que as partículas fiquem dispersas e orientadas aleatoriamente por todo o gelo. Para isso, é necessário que o filme de carbono amorfo (essencialmente hidrofóbico) permita um bom espalhamento da amostra aquosa. A modificação química da superfície hidrofóbica de grades de cryoEM já demonstrou ser um método eficaz para maximizar a molhabilidade das grades ao mesmo tempo que permite a melhor dispersão das partículas por todo o gelo amorfo formado, viabilizando sua aplicação em análises estruturais 3D por cryo-EM. Este trabalho busca criar metodologias inéditas de modificação química nos substratos existentes das grades de cryo-EM, usando reagentes comercialmente disponíveis e de custo relativamente baixo, sendo fundamental para a obtenção de melhores resultados através da técnica de cryo-EM e SPA.

Soldagem por atrito com pino não consumível de juntas dissimilares ti6al4v-aa2024

Bolsista: Pedro Henrique Luz

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade do CNPEM: Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano)

Orientador: Dra. Maysa Terada

Resumo

A soldagem por atrito com pino não consumível - SAPNC (Friction Stir Welding - FSW) é um processo que visa a parcial substituição dos tradicionais métodos de soldagem utilizados na produção, reparo e montagem de peças e equipamentos. Trata-se de um processo com diversas vantagens quando comparado aos processos tradicionais de soldagem que não permitem, por exemplo, a união de materiais dissimilares sem necessariamente a formação de compostos intermetálicos que podem fragilizar a junta. Todavia, embora o processo de SAPNC desenvolva-se no estado sólido, durante a união de materiais dissimilares pode ocorrer a precipitação de intermetálicos. Deste modo, o presente trabalho objetivou a obtenção de juntas dissimilares entre ligas de Ti6Al-4V e Al-2024 através do processo de SAPNC com a utilização de parâmetros que evitem ou reduzam a formação destas fases e conseqüentemente apresentem propriedades mecânicas satisfatórias.

Palavras-chave: Soldagem por atrito com pino não consumível, junta dissimilar, Ti-6Al4V, Al2024.

Caracterização de biofertilizante organomineral a base de palha de cana-de-açúcar pirolisada

Bolsista: Priscila Camelo Alves

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Orientador: Dr. Sérgio Gustavo Quassi de Castro

Co-orientador: Dr. Bernardo Melo Montes Nogueira Borges

Resumo

Após a mecanização da colheita de cana-de-açúcar um novo resíduo orgânico é gerado: a palha (composta por folhas secas, ponteiros e folhas verdes). Esse material tem impactos positivos na produtividade da cultura, como a ciclagem de nutrientes e a manutenção da umidade no solo em períodos de estresse hídrico. Entretanto, em algumas condições de clima e solo, a manutenção da palha no campo aumenta a incidência de pragas, diminui a brotação da cultura e potencializa os danos de geadas. O setor sucroenergético está longe de chegar a um consenso de quanto desse material poderia ser retirado do campo e empregado na indústria, sendo que inúmeras pesquisas têm sido realizadas para responder a esta questão. Nessa proposta pretende-se aumentar as opções de uso de palha de cana-de-açúcar na indústria sucroenergética, por meio do uso de palha de cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biofertilizante organomineral utilizando o processo de pirólise para a produção de biocarvão (base para o biofertilizante), biogás e bio-óleo. Com o presente trabalho propõe-se desenvolver, caracterizar e validar o processo de produção de biofertilizante organomineral. O projeto será todo em escala de bancada, sendo a palha de cana-de-açúcar recolhida por enfardamento (10 % de umidade) submetida ao processo de pirólise lenta. Uma caracterização quanto às propriedades físicas e químicas da palha de cana-de-açúcar antes e após a produção do biocarvão bem como do biofertilizante organomineral será realizada. Espera-se, que esse fertilizante organomineral apresente características físico-químicas superiores aos convencionais.

Análise técnico-econômica do processo de destoxificação de hidrolisado hemicelulósico utilizando diferentes solventes.

Bolsista: Rafael Boni

Universidade: Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Orientador: Dra. Tassia Lopes Junqueira

Co-orientador: Dra. Sarita Cândida Rabelo

Resumo

O cenário atual brasileiro mostra-se favorável à manutenção e até elevação no uso da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de etanol. Porém, existe um grande desafio em relação ao aproveitamento da biomassa lignocelulósica, como o bagaço e a palha. Atualmente, a alternativa mais promissora é o seu uso para a produção de etanol de segunda geração. Inicialmente, a biomassa precisa passar por um pré-tratamento para tornar a celulose acessível para a etapa de hidrólise da mesma. No entanto, durante a etapa de pré-tratamento ocorre a formação de subprodutos que interferem negativamente na fermentação. Existem diversas técnicas que procuram eliminar ou diminuir a concentração destes compostos inibitórios a fim de melhorar o rendimento fermentativo, essas técnicas são conhecidas por destoxificação. O presente trabalho tem como objetivo dar continuidade as atividades executadas no projeto anterior “Destoxificação de hidrolisado hemicelulósico para produção de etanol 2G” (Processo nº 153545/2016-0), o qual avaliou experimentalmente a técnica de destoxificação por extração líquido-líquido utilizando diferentes solventes para remoção dos compostos inibitórios. Com base nestes dados experimentais, uma análise qualitativa utilizando os resultados de fermentação, solubilidade e custos dos solventes, foi realizada para seleção dos processos a serem avaliados técnico-economicamente. Os solventes metil-isobutilcetona (MIBK), 2-etilhexanol, acetato de isoamila, terc-metil-butil-éter (MTBE) e propionato de isoamila foram selecionados com base nestes critérios. Para a avaliação, foram realizadas simulações computacionais da etapa de extração líquido-líquido com reciclo de solvente, usando o software Aspen Plus para o cálculo de balanço de massa e energia. Além disso, foram consideradas as etapas de neutralização e fermentação, e uma avaliação da participação do custo do solvente para cada quilograma de etanol presente após a etapa de fermentação também foi realizada. O solvente MTBE foi o que apresentou menor desvio para a fração aquosa após a etapa de reciclo, inferior a 1%, e o que também apresentou menor participação do solvente no custo do produto, cerca de US\$ 0,24/kg etanol.

Palavras-chave: Biomassa lignocelulósica, destoxificação, extração líquido-líquido, simulação computacional.

Desenvolvimento direcionado de potenciais inibidores da enzima adenosina quinase (AK): Síntese de derivados de quinazolinas

Bolsista: Thiago Augusto do Nascimento

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Unidade CNPEM: Laboratório nacional de Biociências (LNBio)

Orientador: Dra Silvana Aparecida Rocco

Resumo

A adenosina é um agente sinalizador extracelular no sistema nervoso central e periférico. É liberada nas células que tenham sofrido possíveis traumas induzindo uma resposta de proteção farmacológica na região. Seu tempo de meia-vida é relativamente baixo e sua ação intra e extracelular é bloqueada pela enzima adenosina quinase (AK). Assim, a inibição da quinase promove um efeito relevante do ponto de vista medicinal podendo atuar como um agente analgésico e anti-inflamatório. Algumas classes de compostos comprovaram tal potencial, como as quinazolinas, compostos heterocíclicos nitrogenados. Nesse projeto, derivados desses compostos foram sintetizados para futuramente se analisar a relação estrutura-atividade e ampliar a biblioteca de compostos a partir de adaptações e/ou melhorias da metodologia já desenvolvida. Os compostos sintetizados foram anilinoquinazolinas funcionalizadas na posição 4 com substituições em 6-, 7- e 8-; além da elaboração do protocolo para síntese de anilinoquinazolinas funcionalizadas em 2- e 4-, até então não relatadas na literatura. As 17 moléculas sintetizadas foram caracterizadas por ressonância magnética nuclear (RMN) uni e bi-dimensionais e também por suas propriedades físicas.

Desenvolvimento de software para a geração de nuvem de pontos obtidas por amostragem de modelos CAD e introdução de desvios geométricos e dimensionais: testes e exemplos de aplicação

Bolsista: Willian Hideak Arita da Silva.

Universidade: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Unidade CNPEM: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)

Orientador: Dr. Rodrigo Junqueira Leão

Co-orientador: Prof. Dr. Christian Raffaello Baldo (UFABC).

Resumo

Objetiva-se, através deste projeto, finalizar as implementações referentes a um software capaz de gerar pontos sobre superfícies de modelos CAD nominais. As nuvens de pontos geradas poderão então ser utilizadas juntamente com outros softwares já existentes para análise, a exemplo, o software SmartProfile [10] da Evolve Suite, desenvolvido e comercializado pela empresa Kotem. O software objeto deste projeto já teve sua versão inicial de desenvolvimento através da linguagem de programação Python, cujos detalhes estão mostrados no relatório final do PIBIC/2017, elaborado por SILVA, W. H. A. (2017) [11]. A versão inicial do software, ainda sem nome definido durante o período inicial, contemplava a leitura e interpretação de arquivos Initial Graphics Exchange Format (IGES) especificados através de padrões determinados pela Initial Graphics Exchange Format Specification, version 6 [12], cuja implementação se deu através do desenvolvimento de uma Application Program Interface (API) própria, permitindo a leitura de arquivos que fazem o uso da entidade 186 – Manifold Solid de um arquivo IGES genérico, bem como sua tradução em objetos Python. Além disso, o software contempla a geração de nuvem de pontos de maneira generalizada no modelo, válida para superfícies planas limitadas por qualquer polígono ou forma livre e qualquer outra curva mais complexa que seja especificável através de uma superfície NURBS. Nesta segunda etapa de desenvolvimento do software, objetiva-se a implementação de novas funções para adição de erros geométricos e dimensionais caracterizados por translações, rotações e pela geração de erros aleatórios no modelo, visando simular erros reais de fabricação, permitindo que a nuvem de pontos seja exportada em um formato de arquivo conveniente e analisada em outros softwares. Tal análise permitirá verificar como determinados erros de fabricação presentes nas faces de referência geométrica do modelo, denominadas pela norma ASME como datums, afetam a magnitude do erro encontrado em outras faces de interesse, mostrando assim, o quão sensível um determinado elemento da peça é em relação a alterações nos datums, contribuindo de forma significativa o entendimento do modelo e melhorando o processo de toleranciamento.
