



COBENGE
2021

XLIX Congresso Brasileiro
de Educação em Engenharia
e IV Simpósio Internacional
de Educação em Engenharia
da ABENGE

28 a 30 de SETEMBRO

Evento Online

"Formação em Engenharia:
Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade"

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA E IMPLANTAÇÃO DE LABORATÓRIO REMOTO DE DISCIPLINAS DE AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA PARA ENSINO REMOTO EMERGENCIAL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2021.3529

ALBERTO JOSE ALVARES - alvares@AlvaresTech.com

unb

unb 1

70060-300 - brasilia - DF

Resumo: Este trabalho apresenta uma proposta de metodologia para Ensino Remoto Emergencial durante a pandemia do Corona Vírus de disciplinas na área de Automação da Manufatura e Automação de Processos, sendo disciplinas de quatro créditos, dois teóricos e dois práticos. As aulas práticas, antes presenciais, foram remodeladas para serem ministradas na modalidade remota, com atividades síncronas e assíncronas. A metodologia foi dividida em duas fases. Na fase 2, disciplinas que estão sendo ministradas pela segunda vez, já passaram pela fase 1, tem todo o conteúdo das aulas teóricas gravadas e disponibilizadas na modalidade de aulas assíncronas. Desta forma, as disciplinas usam as aulas síncronas virtuais para atividades de discussão do conteúdo, perguntas, resolução de exercícios, entre outras atividades, com valorização dos encontros síncronos, adotando assim o conceito de Aula Invertida, onde as aulas gravadas do semestre anterior são disponibilizadas com alguns dias de antecedência do encontro/aula síncrona. Utiliza-se o conceito de Tele-Laboratórios/Web Laboratórios/Laboratórios Remotos/Laboratórios Ciber-físicos para ministrar as aulas práticas. A metodologia de ensino/aprendizagem é baseada na Filosofia/Teoria Construtivista, com uso da aprendizagem baseada em problemas e projetos, sem utilizar avaliação baseada em provas e sim em trabalhos.

Palavras-chave: Aula síncrona. Aula assíncrona. Ensino Remoto Emergencial (ERE). Teoria Construtivista. Aula Ciber-física.

Promoção:



Realização:





DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA E IMPLANTAÇÃO DE LABORATÓRIO REMOTO DE DISCIPLINAS DE AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA PARA ENSINO REMOTO EMERGENCIAL

1 INTRODUÇÃO

Atuo no ensino de disciplinas na graduação em Engenharia Mecatrônica e na Pós-Graduação em Sistemas Mecatrônicos da Universidade de Brasília (UnB). As disciplinas de Tecnologias de Comando Numérico, Planejamento de Processos de Fabricação, Desenvolvimento de Produto, Automação de Processos, Comando Numérico (Pós), Planejamento de Processos (Pós), Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 (Pós) e Redes Industriais e Instrumentação Inteligente (Pós) são disciplinas de quatro créditos, teórico-prático, contendo 2 créditos de aulas práticas, presenciais, nos laboratórios do GIAI/LADPRER (Grupo de Inovação em Automação Industrial/Laboratório de Desenvolvimento de Produto: Prototipagem Rápida e Engenharia Reversa).

No atual cenário, associado à ações de Ensino Remoto Emergencial (ERE) na UnB, não Presencial, é fundamental que estas disciplinas práticas possam contar com atividades de laboratório a distância para que seja possível realizar atividades de Tele-Laboratórios desenvolvendo experimentos de forma remota, e o não cancelamento destas disciplinas no semestre de 1/2020, 2/2020 e 1/2021, sendo semestres não presenciais na UnB.

O Laboratório já conta com recurso para esta finalidade. Cabe destacar que as aulas presenciais que ocorrem nas dependências do LaDPRER/GIAI podem ser acompanhadas em tempo real, na URL <http://Aula.AlvaresTech.com> & <http://LaDPRER.AlvaresTech.com/cam8.html> (vídeo progressivo e áudio Power by VideoMon Mobile), vídeo gravado e em tempo real, já o áudio (<http://Aula.AlvaresTech.com:8070/ladprer.ogg> & <http://164.41.45.61:8070/ladprer.ogg> & <http://164.41.17.50:8070/ladprer.ogg>) apenas em tempo real.

Conteúdo das disciplinas ministradas disponíveis no Moodle na URL <http://Cursos.AlvaresTech.com> e em <https://Aprender3.unb.br>. As aulas são publicadas na Internet, em tempo real, tanto teóricas como práticas, unindo o mundo Físico (aula presencial) com o mundo Virtual (aula a distância) exercitando e implantando os conceitos associados à Sistemas Ciber-Físicos, também no contexto das aulas presenciais, que podem ser revistas pelos alunos quando desejarem acessando os servidores de vídeo do laboratório LaDPRER/GIAI.

A Fig. 1 apresenta imagens da sala de aula Virtual, Sala Ciber-Física, com visão de alguns laboratórios mostrando a Máquina de Medir por Coordenadas e a Planta Didática Foundation FieldBus usada nas disciplinas de Comando Numérico e Automação de Processos, respectivamente. Todo o laboratório tem servidores de vídeo e áudio publicando em tempo real as atividades desenvolvidas e gravando as aulas e atividades para viabilizar um aprofundamento do aprendizado em sala de aula, de forma presencial, e a distância, consolidando a experiência de aprendizado Ciber-Físico.

A Figura 2 apresenta mais câmeras on-line das instalações do LaDPRER utilizadas para complementar as atividades presenciais, gravando e publicando imagens de tudo que ocorre nas dependências dos laboratórios e das aulas teóricas e das aulas práticas.

Figura 1 – Sala de Aula Digital: publicação vídeo e áudio via Internet (TCP/IP) com vídeo progressivo.



Apesar de todos estes recursos que foram desenvolvidos para aulas na modalidade presencial e a transmissão/gravação das aulas via Internet de forma automatizada 24/7, 24 horas e 7 dias por semana, a plataforma concebida (Alvares et. al, 2008), (Alvares e Romariz, 2002) e (Alvares e Ferreira, 2003) e o formato de aulas remotas teóricas e práticas não são adequados para o momento que vivemos de pandemia e isolamento social, que não permite o uso dos equipamentos com aulas no formato presencial. Assim sendo a metodologia já utilizada em ensino presencial com gravação/transmissão de aulas não é suficiente para implantar um Ensino Remoto Emergencial eficiente (Simonson et. al, 2014) e (Moore, 2018).

Figura 2 - Câmeras de monitoramento laboratório LaDPRER e chão-de-fábrica GIAI/GRACO mostrando a infraestrutura disponível (<http://Ladprer.lab.unb.br> e <http://video.graco.unb.br>).



Este trabalho apresenta uma metodologia de Tele-Laboratórios que foi integrada nas atividades remotas de aulas de laboratório a distância nos semestres de 1/2020 e 2/2020 nas disciplinas ministradas de Automação da Manufatura e Automação de Processos, bem como os resultados obtidos no processo de aprendizagem e de avaliação dos alunos, sendo baseado em uma abordagem de Processo de Avaliação do Aprendizado Focado no Desenvolvimento de Projetos Individuais e em Grupo (Tan e Chapman, 2016) e (Tan, 2003). No semestre de



1/2021, que inicia em agosto de 2021, as aulas continuam sendo oferecidas na modalidade remota e a mesma metodologia será utilizada.

2 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO REMOTO PARA ENSINO REMOTO EMERGENCIAL

A partir do aprendizado com o sistema usado anteriormente (Alvares et. al, 2008), (Alvares e Romariz, 2002) e (Alvares e Ferreira, 2003), descrito na Introdução, detectou-se a necessidade de adaptações e complementações já que todo o trabalho seria realizado em formato Home Office, sem presença física nos laboratórios de Automação da Manufatura e Automação de Processos.

Analisando as possibilidades de uso de Plataformas Comerciais de Teleconferência via TCP/IP (Internet) como o Teams da Microsoft, Zoom, Google Class Room, Moodle, entre outras, optou-se pelo uso da Plataforma Teams (Microsoft) para ministração de Aulas Remotas Teóricas e Práticas, bem como do Moodle Institucional da UnB (Aprender3.Unb.br) para armazenamento das aulas em formato PDF, links de Vídeos, tarefas a serem entregues, entre outros (Iglesias, 2021). A UnB assinou um acordo de uso do Office 365 na Nuvem, em 2019, disponibilizando o Teams para uso institucional, sendo uma boa solução para Web Conferência.

Em termos metodológicos optou-se pela não ministração de provas no processo de avaliação, por ser um processo sem garantia de real avaliação do aprendizado do aluno no modelo de Ensino Remoto Emergencial (Boettcher e Conrad, 2010), sem mecanismos de controle e monitoramento do ambiente que o aluno realiza a prova, já que há a possibilidade de desvios/plágios/cópias/colaboração durante do processo de avaliação remota através de provas. Não sendo assim um método recomendado para avaliação de aprendizagem.

A metodologia foi dividida em duas Fases. Fase 1, disciplinas ministradas pela primeira vez em 1/2020, disciplina inédita, tendo as aulas síncronas gravadas e disponibilizadas para serem assistidas quando o aluno desejar, tanto para aulas teóricas quanto práticas. Fase 2, disciplinas ministradas em 2/2020, onde as disciplinas obrigatórias, já tinham as aulas gravadas em 1/2020, permitindo uma evolução no processo metodológico de ensino, fazendo com que os encontros remotos síncronos fossem focados na discussão do conteúdo da aula gravada em 1/2020, e assistida pelos alunos previamente (Aula Invertida usando aula gravada do conteúdo teórico/prático da disciplina associada ao semestre anterior, disciplina ministrada pela primeira vez) no Canal da Disciplina no Stream (Microsoft Office 365), com agendamento e explicação do que se esperava do aluno em termos de Aulas Invertidas. Na Fase 2, encontro síncrono, todos os alunos tem de participar, fazendo perguntas e discutindo o assunto da aula gravada, foco do encontro síncrono (Tan e Chapman, 2016) e (Tan, 2003).

As atividades de laboratório remotas virtualizadas, usando as mesmas plataformas (Teams, Stream, Aprender3/Moodle e Cursos.AlvaresTech.com (Moodle)), estão associadas às aulas práticas de todas as disciplina. Em cada disciplina um conjunto de softwares foram escolhidos para permitir o uso de simuladores de equipamentos, máquinas, processos, ou seja, um Gêmeo Digital da instalação física, usando o conceito de Digital Twin e Sistemas de Produção Ciber-físicos.

Esta nova dinâmica, inspirada na Taxonomia Revisada de Bloom (Marzano e Kendal, 2007) e Bloom (1956), realizada pela primeira vez em 2/2020, foi bem aceita pelos discentes, pois o aluno deixa sua postura passiva, tanto de aulas presenciais quanto remotas, sendo obrigado a mudar a sua atitude em sala de aula síncrona, remota, participando e questionando o conteúdo apresentado na aula gravada, que foi motivado a assistir, pois cada aluno tem de questionar/tirar duvida/pedir novas explicações sobre algum aspecto da aula gravada, no



formato Aula Invertida, sendo avaliado por ter uma postura ativa durante os encontros síncronos.

2.1 Disciplinas ministradas em 1/2020 pela primeira vez: Fase 1

As aulas teóricas/práticas síncronas foram ministradas de forma remota usando o Teams (Office 365), sendo gravadas e disponibilizadas no Canal da Disciplina no Stream da Plataforma Office 365 da Microsoft. As disciplinas de graduação teórica/prática denominadas Tecnologias de Comando Numérico (obrigatória) e Planejamento de Processos de Fabricação (optativa) foram ministradas pela primeira vez em 1/2020. Na Pós-Graduação em Sistemas Mecatrônicos duas disciplinas similares à graduação foram ministradas, Comando Numérico e Planejamento de Processos, sendo oferecidas em conjunto com a Graduação, com o mesmo formato e conteúdo. As disciplinas foram cursadas por alunos de Graduação e Pós-Graduação. Com a gravação da aula os alunos que não assistiram na forma síncrona podem assistir em modo assíncrono quando desejarem.

2.2 Disciplinas ministradas em 2/2020 obrigatórias pela segunda vez: Fase 2

Em 2/2020 as disciplinas obrigatórias da graduação e da Pós estavam sendo ministradas pela segunda vez, Tecnologias de Comando Numérico e Comando Numérico. Duas novas disciplinas foram ministradas pela primeira vez: Automação de Processos (Optativa Graduação) e Redes Industriais e Instrumentação Inteligente (Pós-Graduação). Assim sendo, as disciplinas obrigatórias, já tem aulas gravadas previamente (1/2020) podendo usar o conceito de Aula Invertida, ou seja, a aula do semestre anterior está gravada, não sendo necessário repetir a mesma aula em formato síncrono. Neste caso optou-se por trabalhar com os alunos no formato Aula Invertida.

Em 1/2020, nas disciplinas obrigatórias, aulas gravadas de 1/2020 foram utilizadas no formato de aulas remotas assíncronas, Aula Invertida onde os alunos assistem os vídeos das aulas de 1/2021 no Canal da Disciplina no Stream, anotando todas as dúvidas e questionamentos, que serão esclarecidos na aula síncrona correspondente.

2.3 Aprendizagem baseada em problemas e projetos para Fases 1 e 2

Serão utilizadas metodologias de ensino/aprendizagem baseadas na Filosofia/Teoria Construtivista, como a aprendizagem baseada em problemas e projetos.

Na Fase 2, as aulas teóricas serão assíncronas, Aula Invertida, ou seja o aluno deverá assistir a Aula (<https://web.microsoftstream.com/group/ac0607ac-5c29-4c12-b47f-979eb669f417>) anotar dúvidas e durante a aula síncrona, as dúvidas serão esclarecidas, exercícios e exemplos serão apresentados, entre outros.

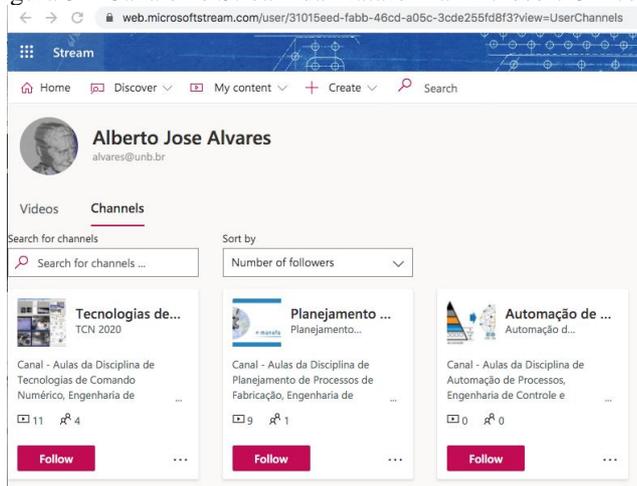
Para o processo de aprendizagem ter sucesso é fundamental que os alunos assistam as aulas teóricas/práticas gravadas (Aula Invertida, lição de casa e vejam os Slides/Vídeos/Url no Aprender3) antes das aulas on-line, síncronas, ocorrerem. A Figura 3 apresenta os Canais no Stream da Plataforma Microsoft Office 365.

Foi proposto um roteiro para Aula Invertida: assistir o vídeo antes do horário de aula e acessar Slides e filmes no Aprender3, anotar dúvidas, questões, etc., a serem apresentadas nas aulas on-line por cada aluno. É fundamental a participação dos alunos na aula síncrona. Todos devem anotar suas questões para serem esclarecidas durante as aulas on-line. Todos deverão fazer questionamento na aula Síncrona, pelo menos uma pergunta. Esta atividade vale 25% da avaliação final.

Logo, a participação é fundamental, nas aulas on-line, e todos deverão fazer perguntas e questionamentos, sendo necessário fazer a lição de casa, Aula Invertida, assistir as aulas, ver slides e filmes antes do encontro on-line, onde será acompanhado se de fato o aluno assistiu

aulas assíncronas no Canal da Disciplina, pois fica registrado pelo sistema Stream da Microsoft podendo assim ser avaliado em um contexto de processo de aprendizado e não baseado em provas.

Figura 3 – Canais no Stream da Plataforma Microsoft Office 365.



3 PROGRAMA DAS DISCIPLINAS

Em 1/2020 foram ministradas duas disciplinas na Graduação, uma Obrigatória (Tecnologias de Comando Numérico) e outra Optativa (Planejamento de Processos). As disciplinas foram espelhadas para a Pós-Graduação.

Em 2/2020 foram ministradas duas disciplinas na Graduação, uma Obrigatória (Tecnologias de Comando Numérico) e outra Optativa (Automação de Processos). As disciplinas foram espelhadas para a Pós-Graduação.

Em 1/2021 serão ministradas, a partir de agosto de 2021, duas disciplinas na Graduação, uma Obrigatória (Tecnologias de Comando Numérico) e outra Optativa (Tecnologias Associadas à Indústria 4.0). As disciplinas foram espelhadas para a Pós-Graduação.

3.1 Programa da Disciplina Tecnologias de Comando Numérico & Comando Numérico (Pós) - Ensino Remoto Emergencial (ERE) (Figura 4 mostra Canal Vídeos <https://web.microsoftstream.com/channel/aa3c7cbb-0bad-4a5e-a4d9-7be43b1ca8e3>)

Avaliação da disciplina:

$$Nota = PA * 0,25 + NE * 0,05 + \left(\frac{NTr1 + NTr2 + NTr3}{3} \right) * 0,70$$

PA = Participação nas Aulas on-line: perguntas, questionamentos, dúvidas, etc.: Aula Invertida

NE = Nota Lista de Exercícios;

NTr1 = Nota trabalho Torno; NTr2 = Nota trabalho Fresca; NTr3 = Nota trabalho Seminário CAD/CAM.

Nota Exercícios (NE): Listas de exercícios ministrados ao longo do curso. Finalidade – consolidar processos cognitivos nos níveis básicos: lembrar e entender.

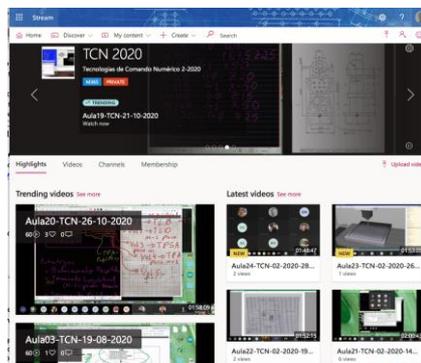
Trab. 1 Individual Torno: Projeto, Programação, Simulação, Fabricação de uma Peça no Torno Didático e respectivas análises de erros dimensionais e geométricos (GDT) e de análise de capacidade da máquina, levando em conta as limitações desta máquina: Durante o curso o aluno deverá entregar e apresentar os projetos das fases do ciclo de vida até a data definida

no Aprender3. Cada fase deverá ser validada pelo Professor e apresentadas nas aulas remotas on-line/síncronas.

Trab. 2 Individual Fresa: Projeto, Programação, Simulação e Fabricação de uma Peça na Fresadora Didática; análise de erros dimensionais e geométricos (GDT) e análise de capacidade da máquina, levando em conta a limitação desta máquina. A peça a ser fresada poderá ser um Logotipo para o GIAI ou LaDPRER, ou outra, que terá de ser concebida pelo aluno. Durante o curso o aluno deverá entregar e apresentar os projetos das fases do ciclo de vida até a data definida no Aprender3. Cada fase deverá ser validada pelo Professor e apresentadas nas aulas remotas on-line/síncronas.

Trab. 3 em Grupo 02 alunos: Trabalho/seminário sobre demonstração ambiente CAD/CAM.

Figura 4 – Canal no Stream disciplina Tecnologias de Comando Numérico.



3.2 Programa da Disciplina Automação de Processos (Graduação) & 367265 – Redes Industriais e Instrumentação Inteligente (Pós) (Figura 5 mostra Canal Stream Vídeos <https://web.microsoftstream.com/group/553a8a2e-849c-4729-9896-5fa498721e77>)

Avaliação:

$$Nota = NE * 0,10 + \left(\frac{NTr1 + NTr2}{2} \right) * 0,90$$

NE = Nota de Exercícios;

NTr1 = Nota do trabalho 1;

NTr2 = Nota do trabalho 2.

Figura 5 – Canal no Stream disciplina Automação de Processos.



3.3 Programa da Disciplina : Planejamento de Processos de Fabricação (Graduação) & Planejamento de Processos (Pós) (Figura 6 mostra Canal Vídeos <https://web.microsoftstream.com/channel/e47ff10d-8a08-41cc-a48e-8770ccc05cbc>)

Avaliação:

$$Nota = NP1.(0,50) + (NTr1*0.3 + NTr2*0.7).(0,50)$$

NP1 = Nota da Lista Exercícios1;

NTr1 = Nota do trabalho 1;

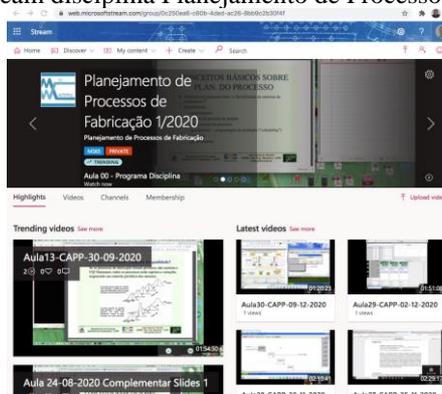
NTr2 = Nota do trabalho 2;

Trabalho 1: Planejamento de Processo de uma peça a ser usinada em um centro de torneamento (projeto, planejamento de processo (usinagem e inspeção) e usinagem) e inspecionada em uma Máquina de Medir por Coordenadas. Começar a trabalhar no planejamento assim que receber o projeto mecânico da peça.

Trabalho 2: Relatório descrevendo um sistema de Planejamento de Processos Auxiliado por Computador (CAPP). Incluir os seguintes pontos:

- ✓ Capacidade do sistema: escopo e limitações (é para peça rotacional e/ou prismática, Prototipagem Rápida, Estampagem, for PCB montagem, soldagem, robótica, etc.): Modelagem Funcional IDEF0
- ✓ Entrada Projeto Peça: Código, Modelo CAD / Extração de Features, etc.
- ✓ Abordagem CAPP: Variante ou Generativo, sistema especialista, regras de produção, orientado a objeto, baseada na web, etc.; incluir a maior quantidade de detalhes possível: Modelagem Funcional IDEF0 e Modelagem Informação IDEF1X/Diagrama de Classes/Entidade Relacionamento
- ✓ Exemplos: sistema CAPP em ação
- ✓ Amostras de saídas
- ✓ Vantagens e Desvantagens do sistema
- ✓ Conclusão

Figura 6 – Canal no Stream disciplina Planejamento de Processos de Fabricação.



4 LABORATÓRIO REMOTO: AULAS PRÁTICAS

4.1 Tecnologias de Comando Numérico

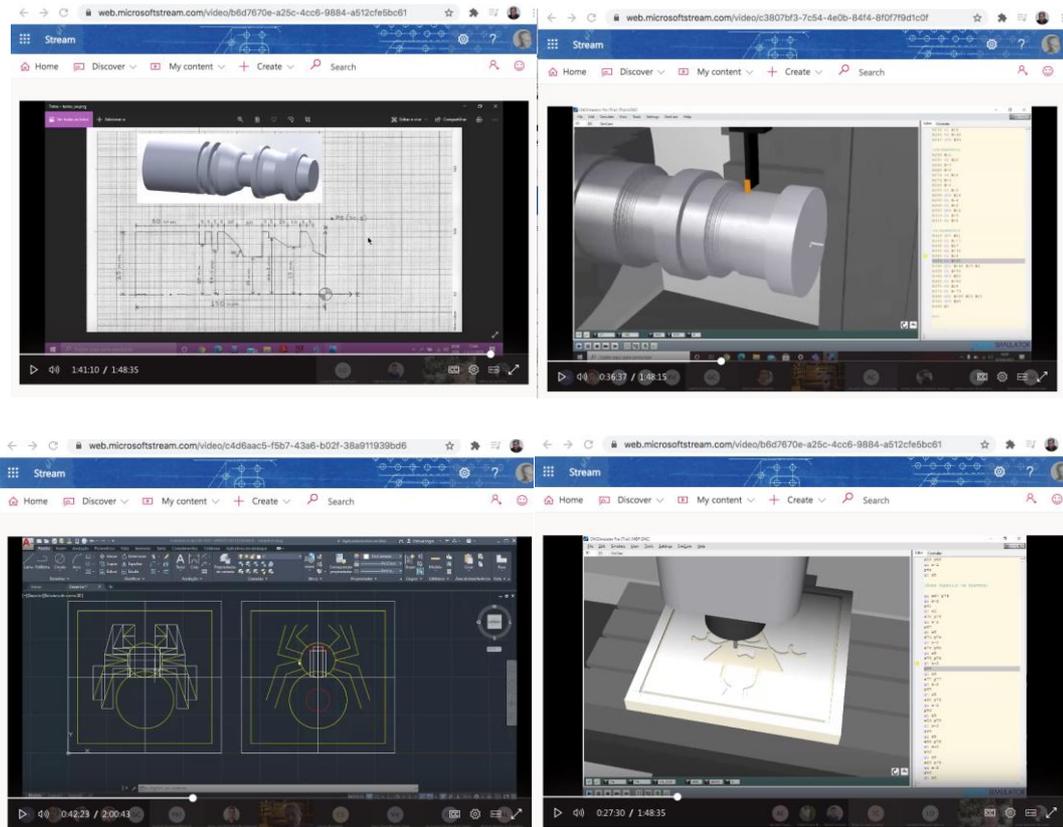
As atividades de laboratório são executadas usando softwares didáticos de Programação e Simulação de Máquinas de Comando Numérico associado a todo o ciclo de vida de uma peça

Promoção:

Realização:

rotacional e de uma peça prismática, iniciando com o projeto da peça em papel milimétrico ou em CAD, programação manual de Comando Numérico usando o Software CNC Simulator, simulação de dados de medição dimensional de uma geometria modelo, usando o software Minitab e a função de geração de dados para uma Distribuição Normal, e com estes dados simulados é realizado uma Análise de Capabilidade do Processo e a análise de erros Geométricos da Máquina-Ferramenta. A Figura 7 mostra a modelagem das peças.

Figura 7 – Ciclo de vida Projeto Peças de Torneamento e Fresamento da disciplina.



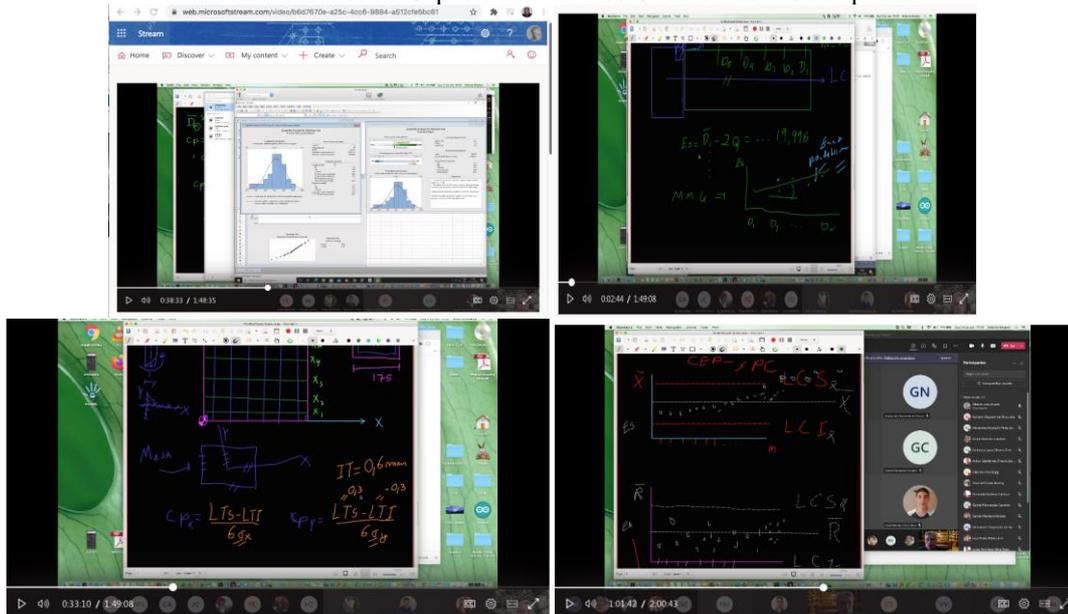
Cada fase do Ciclo de Vida Digital das Peças é apresentada na aula síncrona de laboratório, validado pelo Professor ou corrigido, ou seja, até a geração do Relatório Final da Peça de Torneamento e da Peça de Fresamento é realizado um acompanhamento do aprendizado de cada aluno de forma individualizada, após aprovado, o aluno envia as partes do trabalhos já realizadas para o site Aprender3, Plataforma Moodle, com data definida para entrega de cada fase do trabalho prático/projeto.

Após finalização das peças de torneamento e fresamento, dois projetos são sorteados as e as usinagens das peças de fresamento e torneamento em duas máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado) são realizadas. A seguir é realizado a medição/inspeção real usando um Micrômetro Laser (Peça Torno CNC) e a peça de fresamento (Peça Fresa CNC) é medida/inspecionada em uma Máquina de Medir por coordenadas. Estas aulas remotas são síncronas, ao vivo, para maior interação com os alunos. Há vários vídeos de máquina Industriais disponíveis no Laboratório que são apresentadas, além de uma apresentação síncrona do laboratório. A Figura 8 mostra a análise de capacidade e a análise de erros geométricos, bem como a geração de medições simuladas.

O terceiro trabalho avalia o aluno através de um seminário cujo o objetivo é apresentar um Estudo de Caso de Uso de um sistema comercial CAD/CAM, onde o trabalho é em grupo e

cada Grupo apresenta o uso de um Sistema CAD/CAM diferente para fresamento ou torneamento (FeatureCam, Siemens NX, GibbsCam, PTC Creo, Fusion 360 na Nuvem, SmartCam, entre outros). O aluno já foi avaliado individualmente e agora é avaliado através do desenvolvimento do trabalho em grupo, onde as tarefas tem de ser divididas, e cada aluno apresenta uma parte do trabalho, por exemplo: o primeiro aluno apresenta a modelagem CAD e o segundo o CAM.

Figura 8 – Ciclo de vida Projeto Peças de Torneamento e Fresamento da disciplina Tecnologias de Comando Numérico: Análise de Capabilidade e erros Geométrico das Máquinas.



4.2 Planejamento de Processos (1/2020), Automação de Processos (2/2020) e Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 (1/2021)

As disciplina optativas são normalmente ministradas a cada 2 anos, sendo quatro disciplinas optativas que são revezadas a cada semestre. Desta forma, em 1/2020, 2/2021 e 1/2021 três disciplinas optativas foram ministradas pela primeira vez, Fase 1, não tendo sido utilizado a metodologia de Aula Invertida, pois as disciplinas optativas em cada semestre é ministrada pela primeira vez.

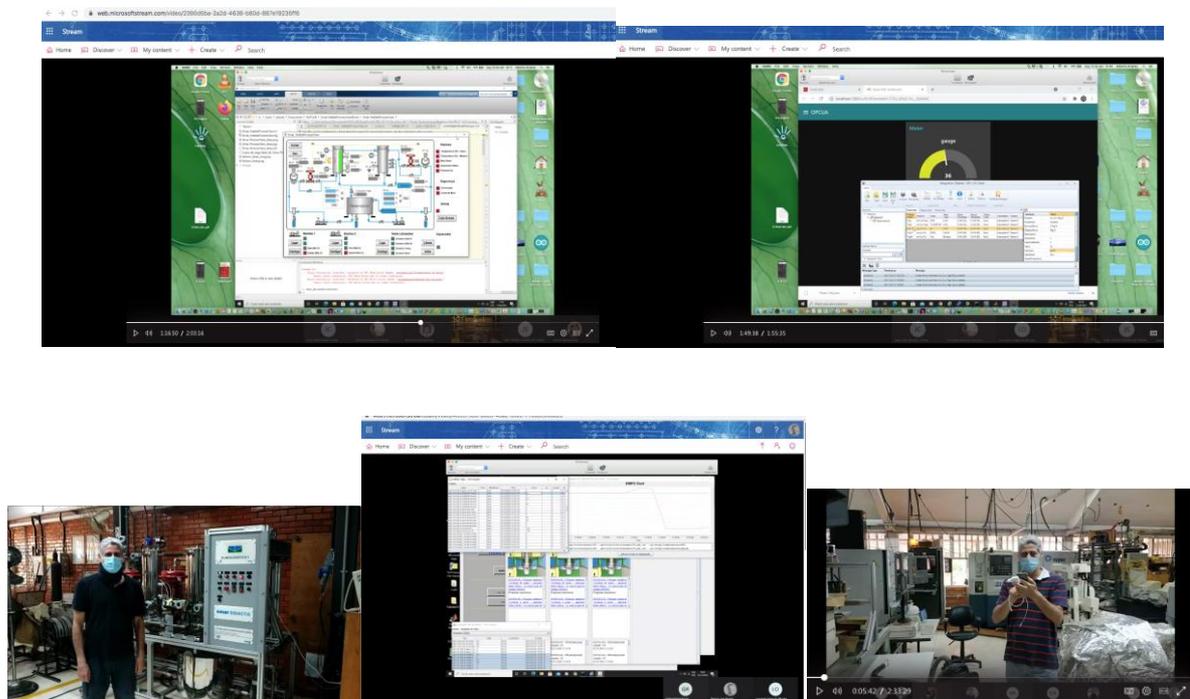
O método de avaliação é o mesmo, baseado em projeto/problema, sem provas e com lista de exercício para consolidação do conteúdo teórico. As atividades práticas contam com uso de sistema desenvolvidos pelo autor para Web, como o Sistema WebMachining (<http://WebMachining.AlvaresTech.com>) para projeto/planejamento de processo/usinagem de peças em um Centro de Torneamento Galaxy 15M, Sistemas de Digital Twin para Manutenção Prescritiva/Preditiva, Sistemas de Teleoperação de Máquinas de Comando Numérico (<http://WebDnc.graco.unb.br>), Sistemas de Internet das Coisa Industriais na Nuvem IBM usando node-red, Sistemas de Visão Computacional e Inteligência Artificial para Smart Meters (<http://mediçãohidrometro.AlvaresTech.com>), entre outras soluções de laboratório Teleoperados usando protocolos TCP/IP, Internet das Coisas e Internet das Coisas Industriais.

Além do uso de sistema já desenvolvidos para Web, os alunos desenvolvem projetos específicos, em grupo, usando ambiente de programação como MatLab, Opencv, Python, Node-red, protocolos TCP/IP para o desenvolvimento de soluções para Internet das Coisas e Internet das Coisas Industriais, visando o monitoramento de processos (máquinas CNC,

planta didáticas com FoundationFieldBus), desenvolvimento de supervisórios e estratégias de controle usando PID, Redes Neurais e Lógica Fuzzy (Digital Twin).

A Figura 9 apresenta duas telas de aulas remotas síncronas que foram gravadas usando e Teams e disponibilizadas no Canal da Disciplina no Streams. A primeira tela refere-se ao desenvolvimento de um Digital Twin com funcionalidade de supervisório de uma Planta Física Smar Foundation FieldBus PDIII desenvolvida em MatLab. A segunda tela mostra um Digital Twin de monitoramento usando Red-Node na nuvem IBM publicando os dados em um Dashboard onde utilizou-se um Controlador Lógico Programável simulado publicando dados no protocolo OPC, sendo este monitorado usando o conceito de Internet da Coisas Industriais, usando um Docker/Container na nuvem IBM, máquina virtual Linux com Node-red instalado na nuvem.

Figura 9 – Aulas de Laboratório Remoto Automação de Processos: Digital Twin Supervisório desenvolvido no MatLab e Digital Twin Dashboard usando Node-Red e PLC Simulado com dados via OPC.

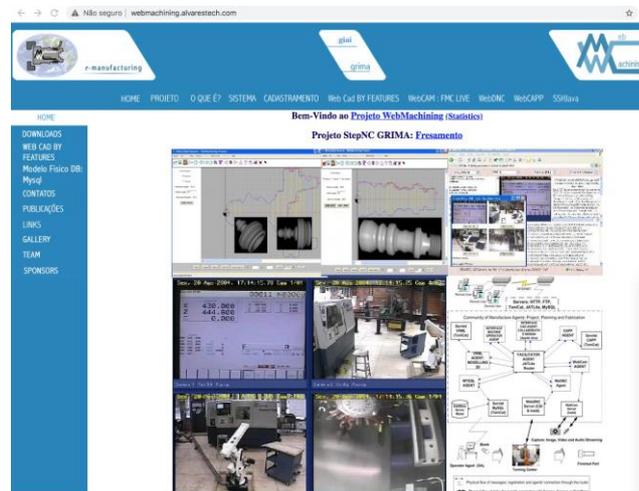


A segunda disciplina optativa ministrada, Planejamento de Processos de Fabricação segue o mesmo modelo das demais disciplina, sendo que vários sistemas Planejamento de Processos Auxiliados por Computador (CAPP) desenvolvidos pelo autor foram usado na disciplina, como o sistema WebMachining (<http://WebMachining.AlvaresTech.com>), que integra via Web/Internet todo o ciclo de vida de uma peça a ser usinada em um Centro de Torneamento Galaxy 15M da Romi, tendo ferramentas de Projeto (CAD), Planejamento de Processos (CAPP) e de Manufatura (CAM) integradas usando o conceito de Features de projeto/usinagem/inspeção usando a Web para o desenvolvimento de produto em um contexto de Projeto Colaborativo usando o conceitos de Agentes Inteligentes.

A Figura 10 apresenta o sistema WebMachining onde os alunos podiam usar o ambiente de modelagem CAD/CAPP/CAM em um contexto de laboratório remoto via Web. O ciclo de vida do projeto à usinagem da peça é mostrado na figuras: projeto colaborativo em 2D,

modelo 3D em VRML, Planejamento de Processos gerando o Código, Envio do Programa NC para a máquina-ferramenta e a teleoperação da máquina CNC via Web.

Figura 10 – Aulas de Laboratório Remoto Planejamento de Processos de Fabricação usando o sistema WebMachining (<http://WebMachining.AlvaresTech.com>).



5 CONCLUSÃO

As disciplinas foram ministradas em 1/2020, 2/2020 e em 1/2021 em um contexto de Ensino Remoto Emergencial, sendo disciplinas com 4 créditos sendo dois teóricos e dois práticos. Foi descrita uma metodologia construída para este momento de ensino não presencial para aulas teóricas e de laboratório minimizando ao máximo a perda de qualidade do ensino em relação à modalidade presencial.

As disciplinas ministradas com esta proposta de ERE privilegiou metodologias de ensino/aprendizagem baseadas na Filosofia/Teoria Construtivista, como a aprendizagem baseada em problemas e projetos, sem utilizar avaliação baseada em provas e sim em trabalhos. Tivemos um total de 83 alunos matriculados nas disciplinas nos três semestres. Destes tivemos cerca de 15 alunos que trancaram as disciplinas ao longo do semestre que teve até o último dia de aula para realizar os trancamentos das disciplinas.

Desta forma não tivemos nenhuma reprovação nas disciplinas, ou seja, todos os alunos que concluíram as disciplinas foram aprovados sendo que cerca de 60% dos alunos tiveram nota final nas disciplinas entre 7 e 8, Menção Final MS (Médio Superior na UnB); cerca de 15% obtiveram nota acima de 9, menção Final SS (Superior); e os demais 25% obtiveram nota entre 5 e 6, menção Final MM (Médio).

Comparando o ensino presencial com o ERE usando a metodologia proposta podemos destacar algumas vantagens do ERE:

- ✓ Todas as aulas foram gravadas, permitindo ao aluno assistir as aulas quantas vezes desejar;
- ✓ Maior participação dos alunos nas disciplinas obrigatórias que cursaram a partir do segundo semestre de 2020, onde foi usado o conceito de Aula Invertida (Fase2), com as aulas gravadas em 1/2020;
- ✓ Avaliação sem provas focadas em aprendizagem baseada em problemas e projetos foi vantajoso para o processo de aprendizagem dos alunos;
- ✓ Não tivemos perda da qualidade do ensino mesmo na modalidade remota;



- ✓ Após a pandemia o formato híbrido, com aproveitamento das aulas gravadas, certamente irá prevalecer nas disciplinas em tela.

Após o retorno das aulas em formato presencial na UnB, que deverá ocorrer em 2022, após todos os adultos estarem vacinados (docentes, servidores e discente), o ensino também irá mudar, pois terei a possibilidade de aproveitar todo o conteúdo criado no modelo ERE, em especial as aulas Gravadas que poderão ser utilizadas no modelo de Aula Invertida e aproveitando os encontros presenciais, não para ministrar novamente o conteúdo já gravado e sim para utilizar as aulas presenciais para desenvolver aulas de laboratórios presenciais e as aulas presenciais teóricas para tirar dúvidas, esclarecimentos, fazer exercícios, discutir os conceitos apresentados nas aulas gravadas, Aula Invertida, entre outros. Desta forma irá prevalecer uma abordagem híbrida, usando o modelo remoto com aulas assíncronas, Aula Invertida, e uma valorização maior dos encontros presenciais para discutir e trocar experiências sobre o conteúdo teórico apresentada nas aulas gravadas.

No caso das disciplinas em tela, esta nova metodologia disruptiva poderá ser aplicada, entretanto cada disciplina é um caso a parte onde o professor responsável deverá avaliar os benefícios das aulas remotas e sua aplicação em um contexto presencial, avaliando a possibilidade de aproveitar todo o conteúdo gerado durante a pandemia.

REFERÊNCIAS

ALVARES, A. and J, R. (2002). Telerobotics: Methodology for the development of a through-the internet robotic teleoperated system. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences**, Vol. XXIV. N. 2. Pg 122-126, 2002.

ALVARES, A., Ferreira, J. and Lorenzo, R., Webmachining: System for the design and manufacture of feature-based parts through the web. **ABCM Symposium Series in Mechatronics**, Vol. 3, pp. 688-700. 2008.

ALVARES, A. and Ferreira, J. (2021). Metodologia para implantação de laboratórios remotos via internet na área de automação da manufatura. **II Cobef**. Uberlândia. 2003.

BOETTCHER, J. and Conrad, R.. **The Online Teaching Survival Guide: Simple and Practical Pedagogical Tips**. Wiley, 2010.

BLOOM, B. S.. **Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals**. 1st ed. Longman Group, 1956.

IGLESIAS-PRADAS, S., Angel Hernandez-Garcia, 'Chaparro-Pelaez, J. and Prieto, J. L.. Emergency remote teaching and students' academic performance in higher education during the covid-19 pandemic: A case study, **Computers in Human Behavior** 119: 106713, 2021.

MARZANO, R. and Kendall, J.. **The New Taxonomy of Educational Objectives**. Sage Publications, 2007.

MOORE, M.. **The Handbook of Distance Education**. 4rd edition, 2018.

SIMONSON, M., Smaldino, S. and Zvacek, S.. **Teaching and Learning at a Distance: Foundations of Distance Education**. 6th Edition, Information Age Publishing, 2014.



TAN, J. and Chapman, A.. **Project-Based Learning for Academically-Able Students**, 2016.

TAN, O.. **Problem-based Learning Innovation: Using Problems to Power Learning in the 21st Century**. Cengage Learning, 2003.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY AND IMPLEMENTATION OF REMOTE LABORATORY TO MANUFACTURING AUTOMATION DISCIPLINES FOR EMERGENCY REMOTE TEACHING

Abstract: *This work presents a proposal for a methodology for Emergency Remote Teaching during the Corona Virus pandemic of disciplines in the area of Manufacturing Automation and Process Automation, being subjects with four credits, two theoretical and two practical. The practical classes, previously in person, were remodeled to be taught in remote mode, with synchronous and asynchronous activities. The methodology was divided into two phases. In phase 2, subjects that are being taught for the second time, have already passed through phase 1, with all the content of the theoretical classes recorded and made available in the form of asynchronous classes. In this way, the disciplines use virtual synchronous classes for activities to discuss content, questions, exercise resolution, among other activities, with value for synchronous meetings, thus adopting the concept of Inverted Class, where the recorded classes from the previous semester are made available. a few days in advance of the synchronous meeting / class. The concept of Tele-Laboratories/Web Laboratories/Remote Laboratories/Cyber-physical Laboratories is used to teach practical classes. The teaching/learning methodology is based on the Philosophy / Constructivist Theory, using problem-based and project-based learning, without using evidence-based assessment but with work.*

Keywords: *Synchronous class, Asynchronous class, Emergency Remote Teaching (ERT), Constructivist Theory, Cyber-physical class.*