



## A REALIDADE VIRTUAL NO AUXÍLIO À ANÁLISE ERGONÔMICA

Daniel Mól Machado

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Mario Cesar Rodríguez Vidal

Rio de Janeiro

Março de 2017

A REALIDADE VIRTUAL NO AUXÍLIO À ANÁLISE ERGONÔMICA

Daniel Mól Machado

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Mario Cesar Rodriguez Vidal, D. Ing.

---

Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D. Sc.

---

Dr. Mario Jorge Ferreira de Oliveira, Ph. D.

---

Dr. Alessandro Jatobá, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2017

Machado, Daniel Mól

A Realidade Virtual no Auxílio à Análise Ergonômica/Daniel Mól Machado. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

X, 90p.iL; 29,7 cm.

Orientador: Mario Cesar Rodriguez Vidal

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2017.

Referências Bibliográficas: p. 87-90.

1. Análise Ergonômica. 2. Realidade Virtual. I. Vidal, Mario Cesar Rodriguez. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

## Dedicatória

*Dedico esta dissertação ao meu filho Bruno que é quem me inspira diariamente a crescer, vencer obstáculos e crescer como pessoa e profissionalmente. Também dedico este trabalho a minha esposa Danielle, que esteve comigo durante esta longa jornada.*

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao meu orientador Dr. Mario Cesar Rodríguez Vidal pelo apoio e incentivo durante esta caminhada.

A minha mãe Flávia Mól, meu pai Joy Machado e minha irmã Silvia Mól por estarem comigo e sempre acreditarem no meu potencial.

Ao meu tio Antonio Carlos de Abreu Mól por nunca ter deixado de acreditar no meu potencial e estar sempre ao meu lado.

Ao professor Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, pelo apoio e ajuda durante toda esta jornada.

A todos os colegas e professores do GENTE - Grupo de Ergonomia e Novas Tecnologias - , pelo convívio e aprendizado.

A minha avó Etelvina pela criação maravilhosa que tive na infância e ao meu avô Joaquim Ramos Mól, que nos deixou, fisicamente, mais que ainda continua em meu coração.

Aos colegas, André Cotelli e Márcio Henrique que me ajudaram durante a realização deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## A REALIDADE VIRTUAL NO AUXÍLIO À ANÁLISE ERGONÔMICA

Daniel Mól Machado

Março/2017

Orientador: Mario Cesar Rodriguez Vidal

Programa: Engenharia de Produção

A Análise Ergonômica consiste em emitir juízos de valor sobre o desempenho global de determinados sistemas homem-máquina ou homem-tarefa e pode resultar de uma demanda relativa a condições e/ou a segurança no trabalho. Entretanto, durante a realização da Análise Ergonômica a presença dos ergonomistas pode interferir no andamento do trabalho, o que limita o tempo de observação. Organizações que possuem áreas de risco já vêm utilizando exercícios simulados para treinamento dos seus profissionais. Com o uso de ferramentas de simulação, torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de métodos e técnicas que permitam o desempenho desse treinamento, o mais próximo possível das atividades de trabalho reais. Neste contexto, esta dissertação propôs criar e verificar se a utilização da Realidade Virtual pode auxiliar a Análise Ergonômica do Trabalho, desenvolvendo cenários e ambientes virtuais de simulação, contextualizados pela perspectiva da Ergonomia. Para este fim, foi feito um estudo de caso no Instituto de Engenharia Nuclear onde foi feita a Análise Ergonômica do Trabalho e a modelagem do ambiente virtual. Finalmente, pelos resultados apresentados, pode-se concluir que a Realidade Virtual serve como ferramenta complementar para auxiliar o ergonomista no processo de Análise Ergonômica possibilitando que ele utilize a ferramenta para diminuir riscos, economizando tempo e melhorando seu rendimento.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

## THE VIRTUAL REALITY IN THE AID TO ERGONOMIC ANALYSIS

Daniel Mól Machado

March/2017

Advisor: Mario Cesar Rodriguez Vidal

Department: Production Engineering

Ergonomic Work Analysis consists of thorough analysis about the overall performance of sociotechnical systems to improve conditions and / or safety at work. However, during Ergonomic Work Analysis the presence of ergonomists in the workplace may interfere with the progress of work, which may limit the observation period. Organizations that have risk areas has already used simulated exercises to train their professionals. With the powerful simulation technologies available (e.g. Virtual Reality), it becomes increasingly necessary to develop methods and techniques that allow how to perform such training, as close as possible to the actual work activities. It is especially important in the case of simulators for training Emergency situations. In this context, this dissertation proposed to create and verify if the use of Virtual Reality can help the Ergonomic Work Analysis, developing scenarios and virtual environments for simulation, contextualized by the perspective of Ergonomics. For this purpose, a case study was made at the Institute of Nuclear Engineering where the Ergonomic Work Analysis was used for the modeling of the virtual environment. The results indicate that Virtual Reality serves as a complementary tool to assist the ergonomist in the process of Ergonomic Analysis, allowing him to use the tool to reduce risks, saving time and improving his performance.

## Sumário

Capítulo 1 Introdução .....	1
Capítulo 2 Ergonomia.....	5
2.1 História da Ergonomia.....	7
2.2 Análise Ergonômica do Trabalho (AET).....	8
Capítulo 3 Realidade Virtual .....	13
3.1 Ambiente Virtual .....	15
3.2 Avatar .....	16
3.3 Realidade virtual aplicada à simulação.....	17
3.4 Ferramentas de Modelagem.....	18
3.4.1 3D Studio Max .....	19
3.5 Game Engines.....	21
3.5.1 Unity3D .....	22
3.5.1.1 Interface .....	26
3.5.1.2 Project.....	26
3.5.1.3 Hierarchy .....	27
3.5.1.4 Inspector .....	28

3.5.1.5 Toolbar .....	29
3.5.1.6 Scene.....	30
3.5.1.7 Game.....	31
Capítulo 4 Método.....	33
4.1 Análise ergonômica do trabalho aplicada ao estudo de caso:.....	34
4.1.1 Itinerário de Contatos .....	35
4.1.2 Construção Social.....	36
4.1.3 Cronologia das Ações.....	38
4.1.4 Demanda Gerencial .....	38
4.1.5 Processo Produtivo .....	39
4.1.6 Análise da População .....	40
4.1.7 Demanda Ergonômica .....	42
4.1.8 Focalização.....	42
4.1.9 Lista de Problemas .....	48
4.1.10 Utilização da Ferramenta EAMETA.....	48
4.1.11 Pré-diagnóstico.....	52
4.1.12 Comportamento dos Observáveis.....	53

4.1.13 Diagnóstico Operante .....	53
4.2 Criação do Ambiente Virtual.....	53
4.2.2 Modelagem do Terreno .....	56
4.3 Implementação de Funcionalidades .....	60
4.3.1 Avatar .....	61
4.3.2 Sistema de Dia e Noite .....	63
4.3.3 Iluminação Artificial .....	64
4.3.4 Ambiente Virtual Multiusuários.....	65
Capítulo 5 Testes e Resultados.....	68
5.1 Validação do Ambiente Virtual.....	69
5.2 Proposição de Atividades dentro do Ambiente Virtual.....	75
5.2.1 Atividade 1 - Troca de Postos .....	75
5.2.2 Atividade 2 - Ronda.....	78
Capítulo 6 Análise dos Resultados .....	81
Capítulo 7 Conclusão .....	83
Capítulo 8 Referências Bibliográficas.....	87

## Capítulo 1 Introdução

A Análise Ergonômica consiste em emitir valor sobre a performance global de determinados sistemas homem máquina ou homem tarefa e conseqüentemente pode ser resultado de uma demanda direta (relativa às condições de trabalho) ou indireta (podendo ter relação com a segurança no trabalho, a fabricação, ao recrutamento e seleção de mão de obra etc.). Ela pode ser descrita também como resultado ainda de uma “planificação de um sistema de melhoria da qualidade e de aumento da produtividade” (FIALHO & SANTOS, 1997).

De acordo com Vidal (2002), as Análises Ergonômicas “são análises quantitativas e qualitativas que permitem a descrição e a interpretação do que acontece na realidade da atividade enfocada”.

Para um melhor entendimento, vale destacar as distinções feitas por Couto (1995) entre o que ele chamou de Análise Ergonômica “macroscópica” e “microscópica”. Este mesmo autor defende que uma Análise Ergonômica deve ser realizada por uma “força-tarefa”, composta de, pelo menos, um trabalhador experiente (conhecedor do trabalho), um técnico ou engenheiro que conheça bem a máquina ou o processo, um supervisor (conhecedor da realidade operacional da área) e um especialista em Ergonomia. “A constituição correta da força-tarefa deve garantir o princípio da administração participativa, mas deve-se evitar número excessivo de pessoas, pois torna o encaminhamento mais complicado” (COUTO, 2002).

Todavia durante a realização da Análise Ergonômica podem aparecer algumas dificuldades enfrentadas pelos ergonomistas que podem interferir no andamento do trabalho. Como relatado por Tinoco (2010), alguns ergonomistas têm dificuldade em

utilizar equipamentos para realização de filmagens e fotografias em campo, visto que algumas empresas proíbem este tipo de procedimento dentro das instalações. Também foi relatado que muitos trabalhadores não se envolvem, pois eles não sabem se as recomendações feitas serão implementadas. Eles não conseguem visualizar como ficariam as alterações uma vez que ainda estariam na fase de concepção.

Os ergonomistas precisam interagir, conversar, dialogar com os trabalhadores na situação de trabalho. Essa interação é importante pois eles podem conseguir detalhes relevantes da maneira de trabalhar, colher falas sobre o trabalho e dar importância a falas operativas dos trabalhadores (BONFATTI, 2004). Para isto, é fundamental saber aproximar-se do grupo de trabalhadores, entretanto algumas empresas restringem o acesso a determinados funcionários ou limitam este acesso a um horário específico para que ocorra essa interação e esse tipo de dificuldade pode atrapalhar o andamento da análise.

Realizar uma análise ergonômica durante o transporte de produtos perigosos, pode colocar a integridade do ergonomista em risco (SCHENINI; NEUENFELD; ROSA, 2006). A análise ergonômica em usinas nucleares também pode ser considerada de grande risco pois trata-se de um lugar onde encontramos materiais nocivos à saúde (GATTO, 2012).

Durante a realização da Análise Ergonômica em uma plataforma de petróleo as visitas tinham que ser agendadas previamente e dependiam da autorização e também do transporte aéreo para sua realização, como relatado por Duarte (1994).

Dito isso é importante ressaltar que muitas organizações, tais como a militar, as das áreas nucleares, respostas a desastres, planejamento logístico de tráfego aéreo,

controle de missão espacial, entre outras, vem utilizando cada vez mais simulação de exercícios para treinamento dos seus profissionais (Voshell, 2009). Isso se reflete na busca por novas tecnologias para simular, explorar e testar novas formas de operações que busquem solucionar situações adversas ou prevenir emergências futuras. Com a simulação, torna-se cada vez mais necessário o uso de métodos e técnicas que permitam efetuar treinamentos para eventos adversos, com a finalidade de preveni-los. Podemos citar como exemplo o uso de simuladores para treinamentos.

Indo ao encontro de tais necessidades, a utilização de um simulador tem se mostrado importante na construção de interfaces em ambientes virtuais tridimensionais. O uso de Realidade Virtual tornou-se uma constante nos últimos anos, vários projetos dedicam-se a utilização de técnicas e ferramentas já desenvolvidas para o mercado regular de realidade virtual. A seguir são mostrados alguns exemplos:

- Interfaces homem-sistema para estudos ergonômicos de ambientes de salas de controle de plantas nucleares (Gatto, 2012);
- O Sistema VRdose (Louka et al., 2005), que permite a visualização da distribuição da radiação e as estimativas destas doses ocupacionais em instalações nucleares;
- Simulador para estudos e treinamento de evacuação em ambientes de trabalho e industriais (Mól, Jorge e Couto, 2007; Mól et al., 2008c).
- Treinamento e avaliação das defesas físicas e táticas em uma instalação nuclear (Augusto et al., 2009);

- Desenvolvimento de ambientes tridimensionais para simulação e treinamento (Xi et al., 2009), permitindo reproduzir cenários operacionais e de emergência de uma usina de energia nuclear;;
- Estudo tecnológicos e cognitivos para aperfeiçoamento de laboratórios virtuais e ambientes virtuais para radiofarmácia (Melo, 2009).;

Dito isso, uma das possíveis soluções para auxiliar a Análise Ergonômica seria através da simulação utilizando realidade virtual. Os ambientes virtuais trazem algumas vantagens, entre elas: são atrativas ao público, pois permite que o mesmo se sinta imerso nos respectivos ambientes, sem ser exposto a qualquer risco; permite que simulações de situações hipotéticas, previstas em protocolos e de difícil treinamento sejam realizadas; tem um custo menor do que uma simulação real; pode ser realizada no seu local de trabalho, sem a necessidade de se ausentar por longo período; pode ser utilizada na concepção de um projeto, prevendo a disposição das edificações entre outros.

Neste contexto o objetivo desta dissertação é propor e verificar se a utilização da Realidade Virtual pode auxiliar na Análise Ergonômica, desenvolvendo cenários e ambientes virtuais de simulação, contextualizados pela perspectiva da Ergonomia.

## Capítulo 2 Ergonomia

Ergonomia é derivada do Grego, onde Ergo significa trabalho e Nomos, tem o significado de regras, normas, leis. Sendo assim podemos dizer que são as regras, normas, leis para a execução do trabalho. Considerando a Ergonomia como ciência, podemos dizer que ela é a ciência aplicada em facilitar o trabalho realizado pelo homem, lembrando que a palavra “trabalho” pode ser interpretada como algo muito abrangente, em todos os ramos e áreas de atuação, portanto podemos considerá-la uma ciência que pesquisa, estuda, desenvolve e aplica regras e normas com objetivo de organizar o trabalho, fazendo com que ele seja compatível com as características físicas e psíquicas do ser humano. Nos Estados Unidos (EUA), utiliza-se também como sinônimo de, human factors (fatores humanos) (Jan D; Wenermeeester, B, 2008).

A Ergonomics Research Society (Sociedade de Pesquisa em Ergonomia) define Ergonomia como sendo “o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento, ambiente e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução de problemas surgidos desse relacionamento”.

Associação Internacional de Ergonomia (IEA) define Ergonomia como “uma disciplina científica que estuda interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações da teoria, princípios e métodos de projeto, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.” (DUL; Wenermeeester 2001).

Segundo Itiro Iida (1992) “Ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem.”. Já para Wisner (1987) Ergonomia é definida como sendo “o conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de

ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, de segurança e eficácia”.

O que aconteceu nos Estados Unidos pode ser citado como exemplo, quando os norte americanos construíram o projeto da cápsula espacial, onde se tentou adaptar qualquer tipo de máquina às características humanas. No entanto o desconforto provocado aos astronautas no primeiro protótipo da cápsula espacial fez com que fosse necessário replanejar o tempo e os meios para a viagem ao espaço. Portanto podemos dizer que é necessário para o trabalhador conforto e uma boa relação com o trabalho.

Segundo Vidal (2000) temos alguns domínios de especialização com competências mais profundas que podemos citar dentro das atribuições da ergonomia. São elas:

- Ergonomia Física – são características humanas anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas que se relacionam com a atividade física. Incluem posturas de trabalho, manipulação de materiais, movimentos repetitivos, lesões músculo esqueléticas relacionadas com o trabalho, layout do posto de trabalho, segurança e saúde.
- Ergonomia Cognitiva – são processos mentais, como a percepção, memória, raciocínio, e resposta motora, que afetam as interações entre humanos e outros elementos de um sistema. Incluem a carga de trabalho mental, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem-computador, stress do trabalho e formação relacionadas com a concepção homem sistema.
- Ergonomia Organizacional – diz respeito à otimização de sistemas sociotécnicos, incluindo as suas estruturas organizacionais, políticas e processos.

Incluem comunicação, gestão de recursos de equipes, concepção do trabalho, organização do tempo de trabalho, trabalho em equipe, concepção participativa, trabalho cooperativo, novos paradigmas do trabalho, cultura organizacional, organizações virtuais e gestão da qualidade.

## 2.1 História da Ergonomia

Segundo relatou Vidal (2010), os primeiros estudos sobre a relação do homem e o trabalho se perdem no tempo. É possível demonstrar que os próprios utensílios de pedra lascada sofreram um processo de melhoria contínua no que diz respeito ao seu manuseio e que acarretou em um ganho de eficiência na caça e na coleta. Adaptações para melhorar o trabalho vêm desde antigamente, quando indivíduos usavam pedras como armas, em especial no momento em que ajustam as pedras fazendo pontas para facilitar o seu trabalho.

Em outra parte da história quando os indivíduos começaram a usar os utensílios de barro para ajudar no cozimento de alimentos e tomar água. A criação da roda foi uma invenção muito importante para a humanidade foi ela que possibilitou a facilitou o transporte de cargas, por exemplo. No decorrer do tempo foram aparecendo outras invenções que facilitavam o trabalho do homem, até que a Revolução Industrial apareceu assustadoramente alterando o trabalho, que até então era artesanal, para o mecanizado. Isso foi marcado pela alteração não só do processo produtivo, mas também da atividade comercial, foi uma evolução social, tecnológica e econômica que foi capaz de tecnificar a produção, isolando inicialmente as fases de produção.

O indivíduo participava de todas as fases, desde a coleta da matéria-prima até a comercialização do produto, antes da Revolução Industrial. Após, o indivíduo perdeu o

controle do processo produtivo, não participava mais de todas as fases da produção e passou a ter um trabalho direcionado ou controlado por alguma máquina da fábrica.

Por volta de 1900, na Europa, principalmente na Alemanha, França e países escandinavos, começaram a surgir pesquisas na área de fisiologia do trabalho, com a finalidade de tentar transferir para o terreno prático os conhecimentos em fisiologia desenvolvidos em laboratórios.

Durante a 1ª Guerra Mundial, fisiologistas e psicólogos foram recrutados para colaborar no esforço de aumentar a produção de armamentos. Já na 2ª Guerra Mundial, foram utilizados conhecimentos científicos e tecnológicos disponíveis, para construir instrumentos bélicos complexos como submarinos, tanques, aviões etc. Isso teve como objetivo adaptar os instrumentos bélicos às características e capacidades do operador, melhorando o desempenho e reduzindo a fadiga e os acidentes. Após esse período, estes conhecimentos começaram a ser aplicados na vida civil.

Na Inglaterra, em 12 de julho de 1949, reuniram-se um grupo de cientistas e um grupo de pesquisadores que tinham interesse em discutir e formalizar a existência desse novo ramo de aplicação interdisciplinar da ciência. Em 16 de fevereiro de 1950, foi proposto o nome ERGONOMIA, por estes mesmos pesquisadores, que na ocasião fundaram a Ergonomics Research Society, na Inglaterra. A partir daí a ergonomia se expandiu no mundo industrializado.

## 2.2 Análise Ergonômica do Trabalho (AET)

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é uma das atividades desenvolvidas pelos ergonomistas, considerando seu nível de instrução, conhecimento, aptidão e habilidade no elaborar desse documento. Essa ferramenta foi feita com o objetivo de

interferir sobre condições de trabalho inadequadas ergonomicamente, procurando compreender através de achados visuais, questionários, medições, análise de informações obtidas dos empregados e gestores, registros trabalhísticos, dentre outros, utilizando dessas informações para diagnosticar as circunstâncias reais do trabalho desenvolvidas em cada posto.

Ela também pode ser descrita como uma abordagem de intervenção que busca a transformação das condições de trabalho, levando em conta a saúde dos trabalhadores e uma maior produtividade. Pode ser considerada uma abordagem metodológica centrada na compreensão do trabalho, mas com o objetivo de ação, de mudança. Pois como cita FALZON (2007): “O profissional experiente que pratica a ergonomia constrói para si regras de ação”.

Com o reconhecimento das condições de trabalho, o Ergonomista desenvolve análises, com objetivo de compreender as situações observadas, trazendo diagnóstico e sugestões aos gestores de alterações para melhor favorecer o trabalhador e melhorar, conseqüentemente, índices de produtividade, sem afetar a saúde dos trabalhadores.

As possibilidades de correções são identificadas através AET, visto o produto, posto e ambiente de trabalho, com objetivo de proporcionar condições ergonômicas adequadas, respeitando os limites físicos e mentais do trabalhador o que vai acarretar em um maior conforto e segurança durante a atividade produtiva.

É muito importante conhecer os movimentos corporais dos trabalhadores durante a jornada, pois assim poderemos identificar as principais zonas de atuação e, desta forma, a ergonomia trará respostas positivas ao comportamento do ser humano em sua

atividade. A construção de uma demanda específica é o processo de análise em que parte de cada empresa mira cada intervenção realizada.

A Análise Ergonômica de Trabalho (AET) é dividida em cinco etapas, segundo Iida (2005), sendo estas:

- Análise da demanda: Demanda é caracterizada como a descrição de um problema ou uma situação problemática, que justifique a necessidade de uma ação ergonômica. A análise da demanda procura entender a natureza e a dimensão dos problemas apresentados.
- Análise da tarefa: Tarefa é considerada um conjunto de objetivos prescritos, que os trabalhadores devem cumprir. Ela corresponde a um planejamento do trabalho e pode estar contida em documentos formais, como a descrição de cargos. A AET analisa as discrepâncias entre aquilo que é prescrito e o que é executado, realmente. Isso pode acontecer porque as condições efetivas (como máquinas desajustadas, materiais irregulares) são diferentes daquelas previstas e também porque nem todos os trabalhadores seguem rigidamente o método prescrito.
- Análise da atividade: Atividade refere-se ao comportamento do trabalhador, na realização de uma tarefa. Ou seja, a maneira como o trabalhador procede para alcançar os objetivos que lhe foram atribuídos. Ela é resultado de um processo de adaptação e regulação entre vários fatores envolvidos no trabalho. A atividade pode ser influenciada por fatores internos ou externos e até mesmo os dois ao mesmo tempo. Os fatores internos localizam-se no próprio trabalhador e são caracterizados pela sua formação, experiência, idade, sexo e outros, além de sua

disposição momentânea, como motivação, vigilância, sono e fadiga. Os fatores externos referem-se às condições em que a atividade é executada. Classificam-se em três tipos principais: conteúdo do trabalho (objetivos, regras e normas); organização do trabalho (constituição de equipes, horários, turnos); e meios técnicos (máquinas, equipamentos, arranjo e dimensionamento do posto de trabalho, iluminação, ambiente térmico).

- **Formulação do diagnóstico:** O diagnóstico tem como objetivo descobrir as causas que provocam o problema relatado na demanda. Refere-se aos diversos fatores, relacionados ao trabalho e à empresa, que influem na atividade de trabalho.
- **Recomendações ergonômicas:** As recomendações são às providências tomadas para resolver o problema diagnosticado. Tais recomendações tem que ser claramente descritas, especificando todas as etapas necessárias para se resolver o problema.

Dentro da AET também é possível usar uma ferramenta de modelagem que explica aspectos relevantes da atividade. Ela está associada aos seguintes conceitos básicos: Espaço, Ambiente, Mobiliário, Equipamento, Tarefa e Atividade (EAMETA). O EAMETA nasceu da aplicação dos princípios da Análise Ergonômica onde se observam os temas constantemente referidos na NR17 (Espaço, Ambiente, Mobiliário e Equipamento), combinando-se com uma apreciação do processo de trabalho por meio da confrontação entre Tarefa e Atividade. A ferramenta tem varias aplicações; ela serve como taxonomia normativa básica para classificar os diferentes componentes de uma situação de trabalho, ela permite separar os teores da conversa por tema, e pode ser convertida em uma ferramenta de priorização e de focalização de problemas específicos de um dado sistema de trabalho. (MÁSCULO e VIDAL, 2011)

De acordo com o Grupo Ergo&Ação (2014), AET divide-se em dois grandes blocos. O primeiro representa a fase de análise onde se divide em análise da demanda, análise da tarefa e análise da atividade. O segundo representa a fase de síntese, que é subdividida nas etapas de diagnóstico e de implementação.

Para Abrahão et al. (2009) a Análise Ergonômica se divide em 11 fases, sendo elas: análise da demanda, coleta de informações sobre a empresa, levantamento das características da população, escolha das situações de análise, análise do processo técnico e da tarefa, observações globais e abertas da atividade, elaboração de um pré-diagnóstico, análise dos dados, validação, diagnósticos e recomendações ergonômicas.

## Capítulo 3 Realidade Virtual

Realidade Virtual (RV) pode ser considerada o conjunto de técnicas e tecnologias destinadas a proporcionar ao usuário a sensação de integração com sistemas computacionais. Utilizando interfaces avançadas, tem-se como objetivo inserir o usuário em um mundo virtual, possibilitando sua interação com este ambiente tridimensional de forma realista e em tempo real. Deste modo, RV pode ser vista como uma experiência do usuário com sistemas computacionais de três dimensões. Trata-se, portanto, de uma interface avançada de usuário para acessar aplicações computacionais em tempo real, permitindo a visualização, movimentação e interação nos ambientes sintéticos gerados pelo computador, utilizando para tal finalidade, dispositivos multi-sensoriais (Kirner e Siscoutto, 2007).

A utilização de Realidade Virtual teve início com a Força Aérea dos Estados Unidos, no período pós Segunda Guerra Mundial, onde ela começou a direcionar suas aplicações a construções para simuladores de voo. Devido à natureza desta aplicação inicial, a RV tinha como objetivo inicialmente isolar, o usuário do mundo real. Atualmente a Realidade Virtual encontra-se aplicada nas mais diversas áreas do conhecimento, como experimentações virtuais, simuladores, treinamentos, maquetes virtuais, estudos ergonômicos, e, em grande escala, na indústria do entretenimento, com jogos, filmes e animações (Francis e Tan, 1999). Nessas novas aplicações, o conceito de Realidade Virtual não está necessariamente condicionado ao uso de artefatos como capacetes e luvas, mais também busca oferecer ao usuário a possibilidade de atuar virtualmente num ambiente sintético interativo.

Com à grande diversidade de aplicações, a RV foi classificada, de acordo com a forma como o usuário interage com o ambiente virtual, sendo descrita como Realidade Virtual Imersiva - RVI e Realidade Virtual Não Imersiva - RVNI (Burdea e Coiffet, 2003).

O objetivo da RVI é inserir o usuário o máximo possível no ambiente do aplicativo, isolando-o do ambiente real ao seu redor. Para atingir tais objetivos, são utilizadas tecnologias especiais para bloquear ou inibir a percepção que o usuário tem do mundo real. Na RVI busca-se interagir com o mundo virtual de forma mais intuitiva como, por exemplo, orientar-se olhando a sua volta com o movimento da cabeça, perceber o espaço como na visão binocular humana, reconhecer orientações sonoras a partir da localização da emissão de sua fonte (direção e distância), utilizar gestos e comandos de voz para se comunicar (Haguenauer, Cunha e Filho, 2011).

Já na RVNI o usuário tem acesso ao ambiente virtual sem isolar-se totalmente do ambiente real. Nestes casos, dispositivos convencionais são utilizados como, monitor, teclado, mouse e caixas de som. Entretanto, existem interfaces em que o usuário é parcialmente isolado do ambiente real, num híbrido que mescla dispositivos convencionais e não convencionais. Nestes casos, ela pode ser classificada como Realidade Virtual Semi Imersiva (Burdea e Coiffet, 2003).

Entretanto, independentemente dessas classificações, devemos destacar dois conceitos igualmente relevantes: Presença e Envolvimento. O conceito de presença refere-se ao estado de consciência, em se sentir estar no ambiente. Este sentido de presença decorre em grande medida do nível de imersão possibilitado pela interface, mas não deve ser exclusivamente creditado ao uso de tecnologias especiais como capacetes e luvas virtuais (Kirner e Siscoutto, 2007). O sentimento de presença está

fundamentado no processo cognitivo do sujeito e de suas representações mentais do mundo e do ambiente por ele experimentado através de uma interface e, particularmente, no envolvimento com o aplicativo. De forma análoga com o que ocorre no campo da comunicação e da literatura, onde o leitor se sente vivendo as experiências do personagem, existem alguns aplicativos com baixo grau de imersão (sob o ponto de vista dos dispositivos especiais supracitados) alcançam um nível de envolvimento do usuário muitas vezes superior àqueles que utilizam aparatos tecnológicos avançados.

Não existe dúvida que o grau de envolvimento e o sentido de presença podem ser potencializados ou facilitados através de dispositivos que aproximem o usuário da experiência real, agindo sobre as sensações, que são os canais de comunicação e percepção humana do mundo (Goebbels, Laloti e Göbel, 2003). No entanto, sob o ponto de vista do envolvimento do usuário no ambiente, traduzido no sentido de presença, interfaces de Realidade Virtual não imersiva podem ser, quando bem utilizadas, mais eficientes que interfaces classificadas com maior grau de imersão.

### 3.1 Ambiente Virtual

Ambientes virtuais podem ser considerados cenários reproduzidos através da Realidade Virtual, onde todas as ações da aplicação são executadas. Estes ambientes são povoados por avatares que se deslocam e interagem com todos os elementos existentes no sistema (Stanney, 2002).

As simulações feitas utilizando a Realidade Virtual são executadas nestes ambientes virtuais, que são geralmente construídos baseando-se em ambientes reais, com objetivo de tentar estabelecer uma semelhança visual, respeitando proporções, disposição de objetos, metragens, etc. Segundo Augusto et al. (2007), estes cenários

procuram respeitar as leis da física, possibilitando que a interação entre o avatar e o ambiente virtual seja semelhante à interação humana com o ambiente real.

### 3.2 Avatar

O conceito de avatar vem desde a antiguidade e está relacionado ao hinduísmo, uma religião que possui cerca de novecentos milhões de seguidores, e tem a maior parte concentrada na Índia e no Nepal. Etimologicamente, avatar significa uma encarnação de um ser imortal, ou uma manifestação neste mundo de um ser pertencente a um mundo paralelo, ou mesmo, do Ser Supremo. Deriva do sânscrito Avatâra, que tem como significado “descida”, normalmente denotando uma das dez manifestações terrenas de Vishnu. Outras religiões passaram a utilizar o termo avatar para descrever as encarnações de suas divindades (SHCELEMMER & BACKES, 2008).

O termo avatar passou a receber um novo significado, quando a Lucasfilms lançou o game Habitat, considerado o precursor do chamado Massively Multiplayer Online Role-Playing Game – MMORPG. A sua interface era em 2D e o usuário digitava suas mensagens e as mesmas eram apresentadas de forma similar aos balões das histórias em quadrinhos (RODRIGUES et al, 2007). Assim, avatar passou a significar a personificação virtual do usuário. Tanto nas redes sociais quanto nos jogos online, que foram se desenvolvendo com recursos de imersão 3D cada vez mais eficientes. O usuário final se familiarizou com a prática do uso do avatar em num ambiente virtual.

A utilização do avatar é também um dos recursos disponíveis em simuladores. A Realidade Virtual também tem como atrativo o baixo preço do treinamento das equipes e a eliminação do risco de acidentes, com indesejáveis perdas humanas e materiais, dependendo do tipo de atividade simulada.

### 3.3 Realidade virtual aplicada à simulação

Simulação pode ser entendida geralmente como a “imitação” de uma operação ou de um processo do mundo real. A simulação envolve a geração de uma “história artificial” de um sistema para a análise de suas características operacionais. O comportamento de um sistema é estudado através de um modelo de simulação. Este modelo geralmente utiliza diversos parâmetros sobre a operação do sistema. Uma vez desenvolvido e validado, o modelo pode ser usado para investigar uma grande variedade de questões sobre o sistema.

Mudanças no sistema podem ser simuladas com objetivo de prever o impacto no seu desempenho. A simulação pode também ser utilizada para estudar sistemas ainda na fase de concepção, antes que sejam efetivamente implementados. Assim, a simulação pode ser usada como uma ferramenta para prever os efeitos de uma mudança em sistemas existentes e também como uma ferramenta de projeto para validar o desempenho de novos sistemas.

Com o surgimento de ferramentas cada vez mais acessíveis, tanto em termos de custo quanto em facilidade de uso, a simulação tem se popularizado e fornecido importantes resultados. A seguir alguns exemplos em que o emprego de técnicas de simulação é aconselhável:

- Resolução de certos tipos de equações diferenciais, quando as condições de contorno levam a soluções analíticas complicadas ou impossíveis;
- Teste de novas políticas administrativas em uma empresa, quando um engano pode ter consequências desastrosas;
- Descoberta de novas técnicas de estratégia em guerra moderna;

- Experimentação e avaliação na tentativa de prever as consequências de mudanças sem a necessidade de implementá-las no sistema real, o que poderia acarretar gastos excessivos sem a garantia de se obter os resultados esperados;
- Como ferramenta para familiarizar equipes com equipamentos ou sistemas;
- Análise dos efeitos de variações do meio ambiente na operação de um sistema;

Dessa forma, a simulação é uma ferramenta muito útil, na medida em que possibilita uma análise de várias situações que a empresa pode enfrentar, antes que ela realmente as enfrente. Além disso, ela possibilita às pessoas uma compreensão mais ampla do problema ou sistema estudado. A simulação utiliza de um modelo para estudar o sistema real sem a necessidade de gastos com pessoal e equipamentos e com riscos de falhas reduzidos. Desta forma a simulação aplicada em modelos feitos através Realidade Virtual podem trazer benefícios durante treinamentos.

### 3.4 Ferramentas de Modelagem

O objetivo das ferramentas de modelagem é centralizar funções necessárias à construção de modelos tridimensionais, como, por exemplo, técnicas de construção de malhas (que dão formas aos objetos) por polígonos, vértices e bordas, facilitando o trabalho do desenvolvedor, que, desta forma, não precisa deter-se a representação matemática de cada modelo (Autodesk, 2010).

Este processo de desenvolvimento e representação gráfica computacional de superfícies ou objetos de três dimensões é chamado de modelagem tridimensional. Estes

modelos produzidos podem ser estáticos ou animados, e podem ser desenvolvidos em diversos softwares especializados. Tais softwares são comumente denominados ferramentas de modelagem (Machado et al 2015).

Dito isto podemos dizer de forma simplificada, que o processo de modelagem tridimensional consiste nas seguintes etapas: modelagem propriamente dita, dando forma ao objeto pretendido por meio de malhas; iluminação do modelo; texturização, correspondente a simulação de materiais e texturas sobre as superfícies dos modelos; renderização, que consiste na geração de imagem a partir de modelos do ambiente tridimensional, e, em alguns casos, animação (Calciolari, 2011).

#### 3.4.1 3D Studio Max

O Autodesk 3Ds Max é considerado uma ferramenta de modelagem que tem como maior objetivo ser considerado uma solução completa não somente na modelagem como também na renderização, animação e simulações em três dimensões, atendendo assim as necessidades de diversos profissionais de computação gráfica no desenvolvimento de diversas aplicações, como jogos, maquetes virtuais, cinema, animações, etc (Harper, 2012). Este software tem uma grande aceitação mercado de computação gráfica. Ele (Figura 1), é uma das principais ferramentas proprietárias para modelagem tridimensional.

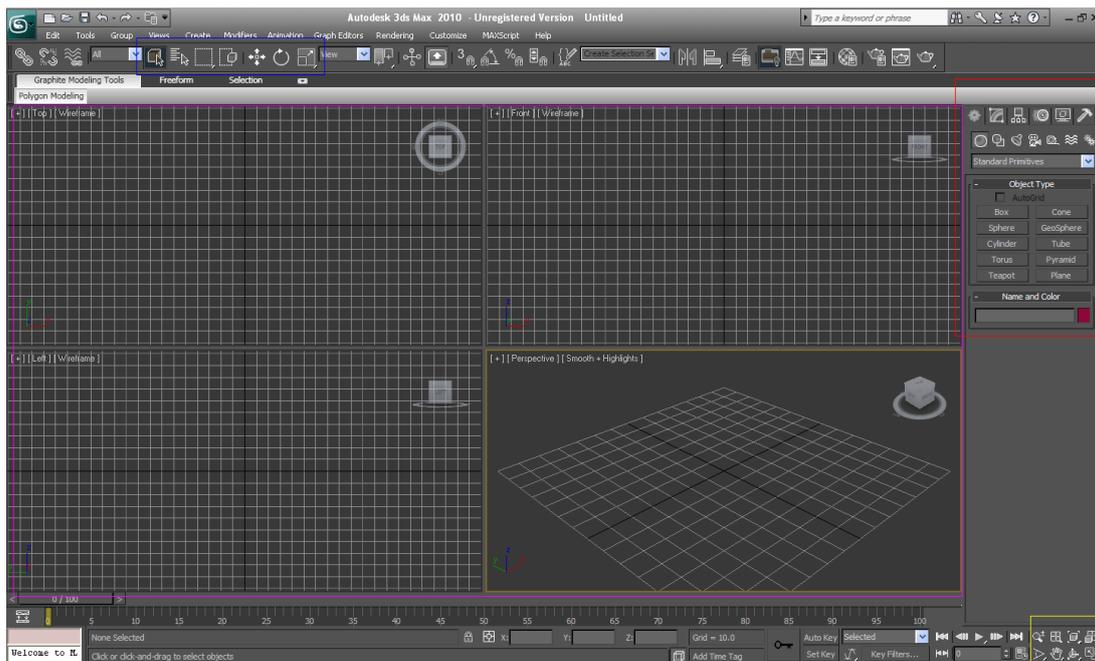


Figura 1. Interface do 3ds Max

Seus recursos de modelagem e texturização tridimensional fornecem grande flexibilidade à construção de malhas e superfícies, devido principalmente a sua característica de suporte a mapas vetoriais e a possibilidade de criação de objetos paramétricos. Segundo Calciolari (2011), através dos recursos é possível atribuir e editar as texturas aplicadas aos modelos, e também aplicar sombreamento às criações. No que diz respeito à animação 3D, esta ferramenta permite que se tenha o controle e a animação dos personagens (avatares) para criação de jogos e vídeos.

O 3D Studio Max engloba em seu padrão diversas ferramentas auxiliares e suporte chamados plugins que permitem, por exemplo, a inserção de gravidade, controle de colisões, inserção de vento, inserção de explosões, etc. Fornecendo maior realidade às cenas geradas (Gahan, 2011).

A Autodesk (2010) para garantir uma maior realidade aos modelos recomenda a utilização deste software. Ele permite ainda a aplicação de dinâmica e efeitos

específicos em seus objetos, como dinâmica de fluxo de partículas, de movimentação de cabelos e pelos, movimentação de tecidos, e dinâmica de corpos rígidos.

Com formas flexíveis e integradas de renderização, o Autodesk 3ds Max permite ao desenvolvedor uma boa manipulação das imagens a serem produzidas. Finalmente, observa-se que a ferramenta possui uma interface de usuário agradável e configurável, possibilitando a organização do ambiente de desenvolvimento de acordo com as necessidades de cada profissional.

### 3.5 Game Engines

Núcleos de jogos, também conhecidos como game engines, são programas destinados à produção de jogos eletrônicos. Para tal, esses programas centralizam diversas bibliotecas e funções necessárias ao desenvolvimento, proporcionando para o programador acesso rápido às ferramentas requeridas à criação destes jogos. Basicamente, tais softwares fornecem os recursos fundamentais para a criação de um jogo, principalmente um núcleo de renderização de gráficos em tempo real, acompanhado de funções de detecção de colisão e um núcleo de física, podendo também fornecer diversos recursos adicionais. Conforme Trenholme e Smith (2008), núcleos de jogos podem também ser adaptados e utilizados para o desenvolvimento de outras aplicações que necessitem de gráficos gerados em tempo real.

Buscando fornecer ao desenvolvedor de jogos um ambiente completo e ágil, as game engines mais utilizadas são acompanhadas de ferramentas integradas de criação e edição de conteúdo, como editores de cenários e interpretadores de scripts para a programação de funções necessárias aos jogos e aplicações. Além destas, para ser caracterizada como um núcleo de jogos a ferramenta deve disponibilizar algumas

funcionalidades fundamentais como reprodução de áudio, suporte a animações, reprodução de vídeos, capacidade de comunicação com outras instâncias da aplicação para realização de comunicação por rede (aplicações multiplayer), funções de inteligência artificial, acesso e interpretação de arquivos, gerencia de memória, etc (Augusto et al., 2007).

A utilização de game engines proporciona ainda outras facilidades, como reutilização de conteúdos desenvolvidos (objetos, scripts, avatares, etc.). A abstração de plataforma de desenvolvimento é outro importante benefício, pois permite que um mesmo jogo desenvolvido em um núcleo possa ser compilado para executar em diferentes computadores, vídeo games e arquiteturas.

A utilização da Realidade Virtual baseada em Games de Primeira Pessoa, embora não possam ser classificadas como Realidade Virtual (RV) imersiva, acrescentam outros elementos e valores com suas narrativas, possibilitando um alto grau de envolvimento do usuário. Este envolvimento está relacionado com a identificação dos usuários com seus avatares e com o contexto das ações e tarefas que se pretende realizar.

Atualmente, existem inúmeros núcleos de jogos no mercado, alguns deles gratuitos, já outros podem chegar a custar valores como U\$ 3.000,00. Dentre essas game engines, podemos citar as principais que são: a Cry Engine, Unreal Engine e a Unity 3D.

### 3.5.1 Unity3D

Nesta Dissertação a game engine utilizada foi A Unity 3D (Figuras 2 e 3). Sua escolha deve-se ao fato de ser um software multiplataformas que disponibiliza uma

versão gratuita que consiste em um robusto núcleo de jogos tridimensional, complementado por diversas funções necessárias ao desenvolvimento de jogos, como bibliotecas destinadas a inserção de física aos ambientes, iluminação e áudio interativo. Devido à alta qualidade de seus jogos, aliado a uma rápida curva de aprendizagem, esta ferramenta foi escolhida para cumprir um dos objetivos propostos nesta dissertação.



Figura 2 Unity 3D

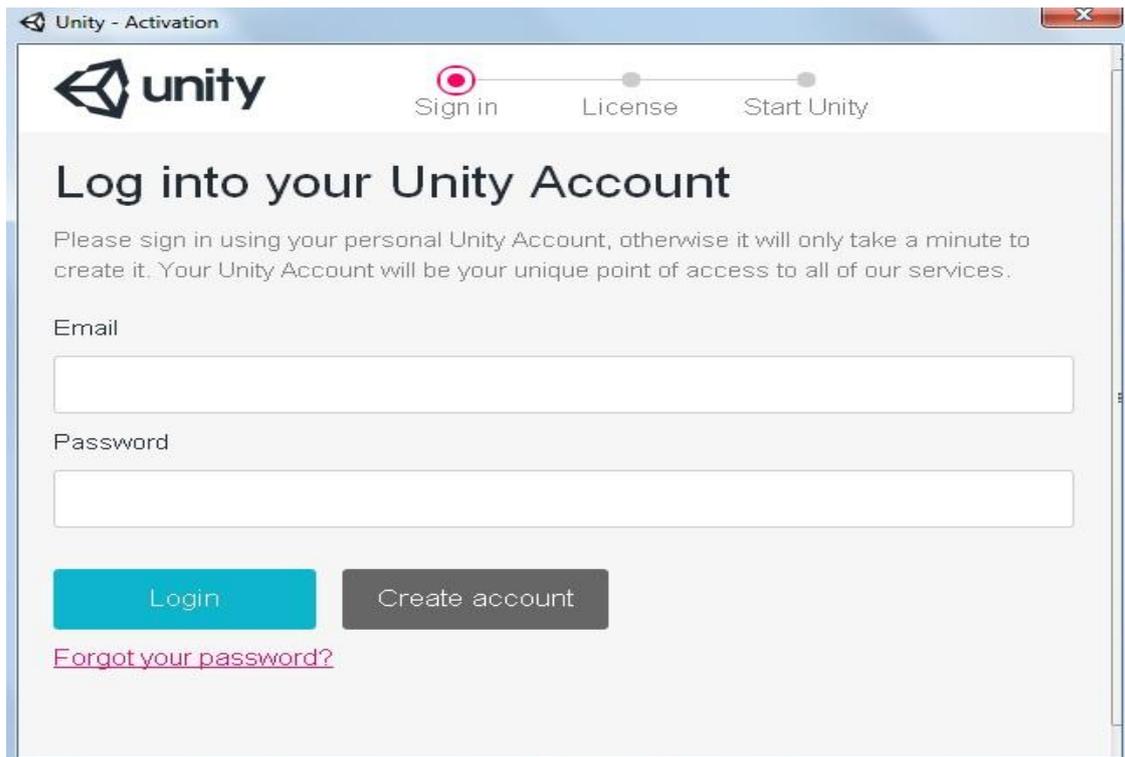


Figura 3 Unity 3D

Prezando por portabilidade, este núcleo de jogo mantém como forte característica sua pluralidade de plataformas. Devido a isto, o desenvolvedor não precisa preocupar-se com as peculiaridades de cada sistema operacional ou hardware, visto que o Unity realiza todos os ajustes necessários a esta compatibilidade. Atualmente as plataformas suportadas, para quais os jogos desenvolvidos podem ser portados, são iOS, Android, Windows, Mac, android TV, TVos, Blackberry 10, OS X, Linux, Gear VR, PS vita, PlayStation, Xbox, Windows Phone, Samsung Smart TV Wii e Wii U. Além destas, os jogos podem ser portados para Flash, possibilitando sua execução em navegadores (web browsers) como Chrome, Firefox, Safari e Internet Explorer (Kyaw, Peters e Swe, 2013).

O Unity utiliza para renderização de seus objetos Direct3D, OpenGL, OpenGL ES e algumas APIs proprietárias. Sua renderização suporta mapeamento de relevo,

reflexão e paralaxe, processamento de sombras dinâmicas, e efeitos pós-processamento. Uma importante característica da renderização no Unity 3D é a utilização do Método da Oclusão Implícita (occlusion culling), com a qual apenas os objetos que estão visíveis na cena são renderizados em tempo real, deixando todos os demais componentes do ambiente, que estão fora do alcance da câmera, de fora do processamento. Desta forma evita-se a realização cálculos desnecessários, otimizando o processo e melhorando a performance do jogo (Blackman, 2011).

O Unity 3d utiliza o framework de desenvolvimento Mono, implementação em código fonte aberto da plataforma .NET. Entretanto, para os desenvolvedores de jogos, o Unity apresenta-se como uma ferramenta multilinguagem de programação, suportando scripts em três linguagens: JavaScript (linguagem de programação interpretada), C# (linguagem de programação orientada a objetos, desenvolvida pela Microsoft, nativa da plataforma .NET) e Boo (linguagem de programação multiparadigma que suporta orientação a objetos, programação imperativa e programação funcional, com sintaxe inspirada na linguagem Python). Tal característica fornece flexibilidade ao desenvolvimento, deixando a escolha de linguagem a cargo do programador (Goldstone, 2011).

Os desenvolvedores podem utilizar o Unity 3D sob duas formas de licenciamento, na versão gratuita, denominada apenas como Unity, e na versão proprietária, conhecida como Unity Pro. A versão proprietária tem como diferencial a disponibilização de recursos e funcionalidades adicionais, destinadas principalmente ao desenvolvimento de jogos profissionais, como filtros de áudio, streaming de vídeos, recursos adicionais de animação, suporte a textura 3D, etc.

### 3.5.1.1 Interface

O núcleo de jogo Unity 3D possui uma interface simples e intuitiva, objetivando facilitar o desenvolvimento de jogos e simulações. Sua área de trabalho engloba janelas, onde cada uma possui uma função específica. Estas janelas são chamadas de Views e estão representadas na figura 4. (Machado et al, 2015)

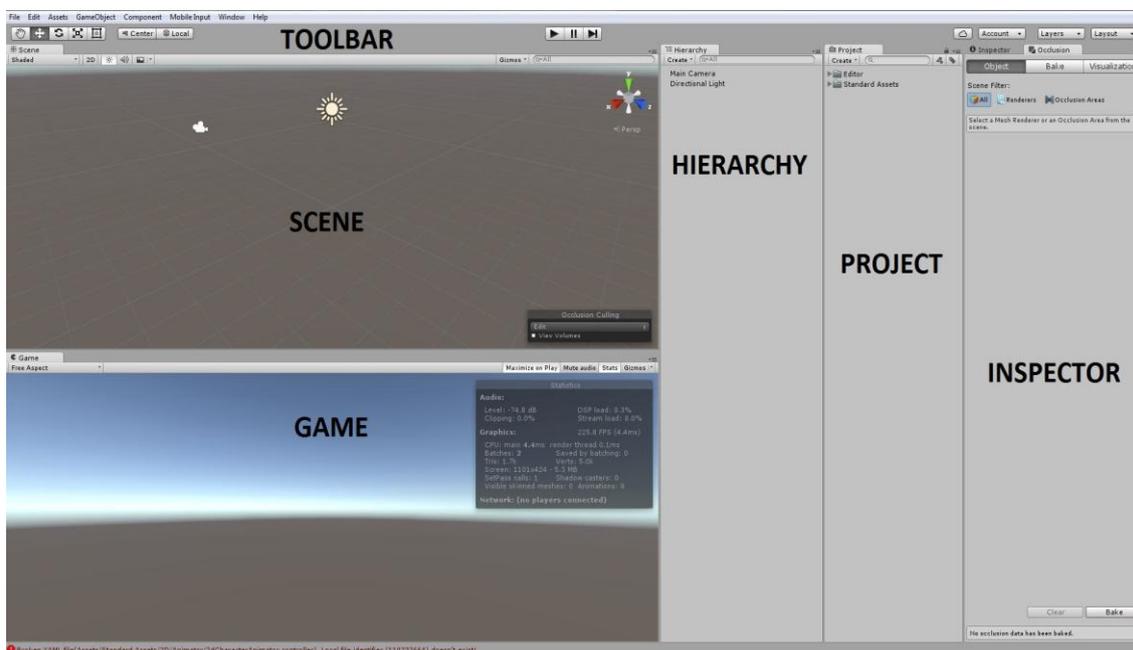


Figura 4. Interface do Unity 3D.

### 3.5.1.2 Project

Na janela Project View, (Figura 5), são armazenados todos os arquivos (assets) que compõe o projeto. Esta é a interface para organização e manipulação de arquivos como cenas, scripts, modelos 3D, texturas, áudios, Prefabs e fontes. A estrutura exibida na janela é correspondente à subpasta Assets dentro da pasta do projeto.

Novos assets são adicionados ao projeto quando arrastados diretamente para o Project, ou então na aba Assets → Import New Asset. Alguns assets devem ser criados dentro do Unity, clicando com o botão no Project → Create

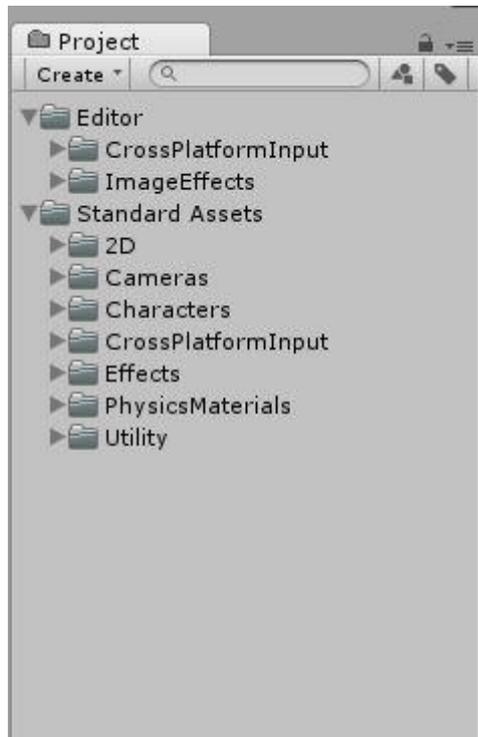


Figura 5. Project

### 3.5.1.3 Hierarchy

A janela Hierarchy View engloba todos os elementos contidos no cenário (Figura 6). Através desta é possível organizar e visualizar a hierarquia entre os diversos objetos (GameObjects) que compõe a cena. Além de adicionar e remover objetos da cena, a aba permite que estes sejam conectados, esse conceito é conhecido como Parenting. Para criar um GameObject dependente (child), basta arrastá-lo para cima do objeto que o irá comandar (parent) e este irá herdar suas características.

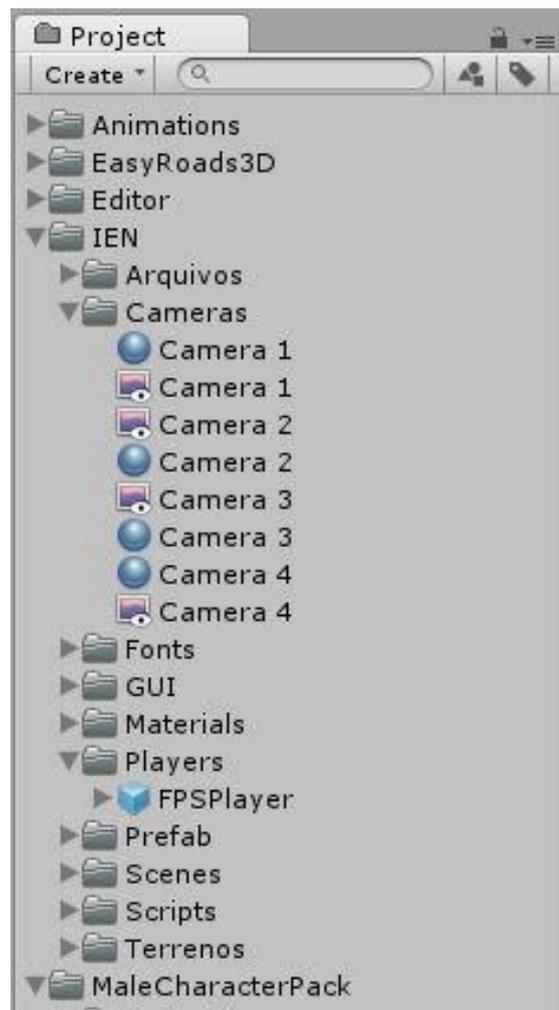


Figura 6. Hierarchy.

#### 3.5.1.4 Inspector

No Inspector encontram-se todas as informações de configurações do Game Object selecionado, incluindo seus componentes e suas respectivas propriedades (Figura 7). As propriedades do objeto mostradas podem ser diretamente modificadas, inclusive variáveis de scripts. Além disso, permite ajustar atributos de componentes durante a execução da aplicação.

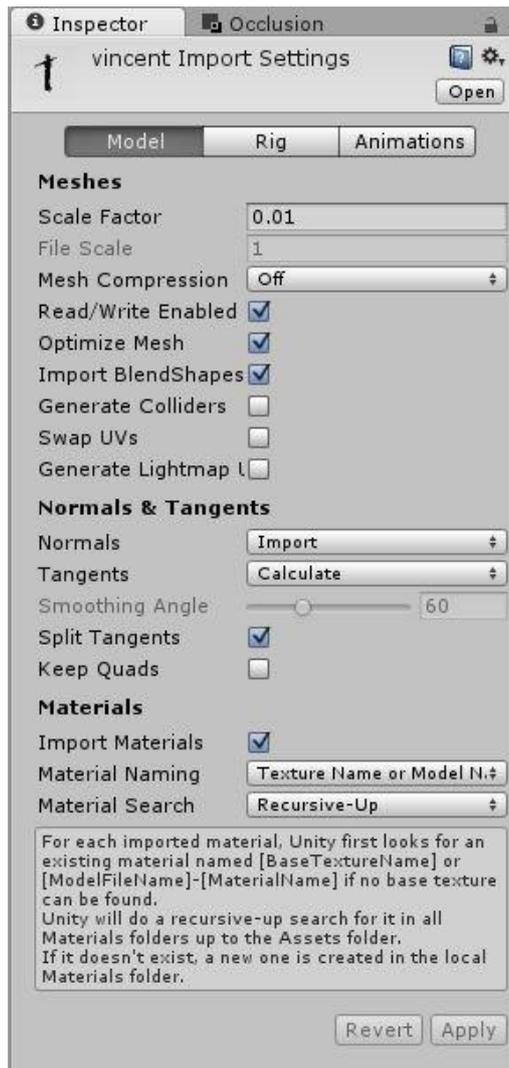


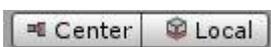
Figura 7 - Janela Inspector.

### 3.5.1.5 Toolbar

A barra de ferramentas é composta por cinco controles básicos. Cada parte corresponde a uma função diferente do editor.



Transform Tools: ferramenta de transformação utilizada na Scene View.



Transform Gizmo Toggles: altera a exibição do Scene View.



Botões Play, Pause e Step: utilizados com o Game View.



Layers Drop-Down: controla quais objetos são mostrados na Scene View.



Layout Drop-Down: altera a disposição de todos os Views.

### 3.5.1.6 Scene

A Scene View (Figura 8) corresponde a parte interativa do projeto. Nela é possível editar e posicionar o ambiente, os personagens, as câmeras, e todos os elementos que compõe a cena. Nesta janela, pode-se manipular os objetos através das opções de arrastar e soltar com o mouse, semelhante à ferramentas de modelagem 3D.



Figura 8. Scene.

A barra de controle da Scene View possui diversas formas de navegação e possibilita alterar a forma em que os objetos são renderizados no editor. Além de contar

com recursos como a visualização da iluminação e sons durante a construção da aplicação.

### 3.5.1.7 Game

O Game View é a janela que renderiza a câmera presente no avatar (Figura 9). É responsável pela visualização do projeto na forma em que será exibido quando finalizado, funcionando como uma prévia do comportamento dos diferentes elementos que o compõe. A simulação é acionada ao selecionar o botão Play do Toolbar. Qualquer mudança feita durante esta execução é temporária, sendo reiniciada ao sair deste modo.



Figura 9. Game.

Na barra de controle do Game View pode se visualizar várias informações estatísticas sobre a simulação, tais como número de frames por segundo, tempo de

processamento, memória de textura utilizada, entre outras. Estes dados são importantes para uma posterior otimização, caso seja necessário.

## Capítulo 4 Método

Para dar início ao trabalho é necessário a escolha do local onde a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) será realizada e solicitar a devida autorização da instituição competente para realizar a pesquisa. A definição do local é importante para todo o processo, pois com o lugar escolhido a organização das etapas será mais fácil, tais etapas serão descritas mais adiante. Com a escolha do local, após receber a autorização da instituição para dar início ao projeto, uma nova etapa se inicia, onde a Análise Ergonômica é feita. Neste momento todo processo de análise é feito junto aos funcionários, colhendo informações que serão utilizadas durante a pesquisa.

Ao final da AET e com as informações que foram obtidas durante a pesquisa de campo realizada na instituição escolhida se inicia a construção de um ambiente virtual tendo como base o ambiente real. Esta modelagem tem como objetivo dar realismo ao ambiente virtual. Quando o ambiente estiver construído, chega a hora de realizar testes no Ambiente Virtual (AV) e apresentar, o mesmo, aos agentes envolvidos (trabalhadores e ergonomista).

Esta apresentação será feita através de simulação computacional (realizar simulações com os trabalhadores no ambiente criado). Após o desenvolvimento do AV, os trabalhadores, que participaram da AET, serão chamados para realizar uma simulação computacional para testarem a ferramenta (ambiente virtual).

Ao final destes testes será necessário identificar qual foi a percepção que os trabalhadores tiveram ao percorrer o ambiente proposto, tanto quanto ao grau de fidelidade como na execução de tarefas comparando real x virtual. Em seguida, os

usuários irão avaliar o ambiente virtual, através de um questionário, comparando-o com o real, onde irão verificar se as edificações estão de acordo com aquelas presentes no ambiente real, além de simular a realização de suas atividades no ambiente virtual. Este ambiente virtual também será avaliado por um profissional de Ergonomia, através de um questionário, onde o mesmo irá dar sua opinião sobre o sistema. Ao final desta etapa os resultados serão colhidos e analisados.

#### 4.1 Análise ergonômica do trabalho aplicada ao estudo de caso:

O estudo de caso analisado nesta dissertação foi realizado no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). O IEN é uma organização de pesquisa, desenvolvimento e inovação, integrada à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia federal vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), e está subordinado diretamente à Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento (DPD) da CNEN. Situado na Cidade Universitária, Ilha do Fundão, ocupa uma área de 146 mil m<sup>2</sup> e tem atualmente 18.503 m<sup>2</sup> de área construída (Figuras 10 e 11).

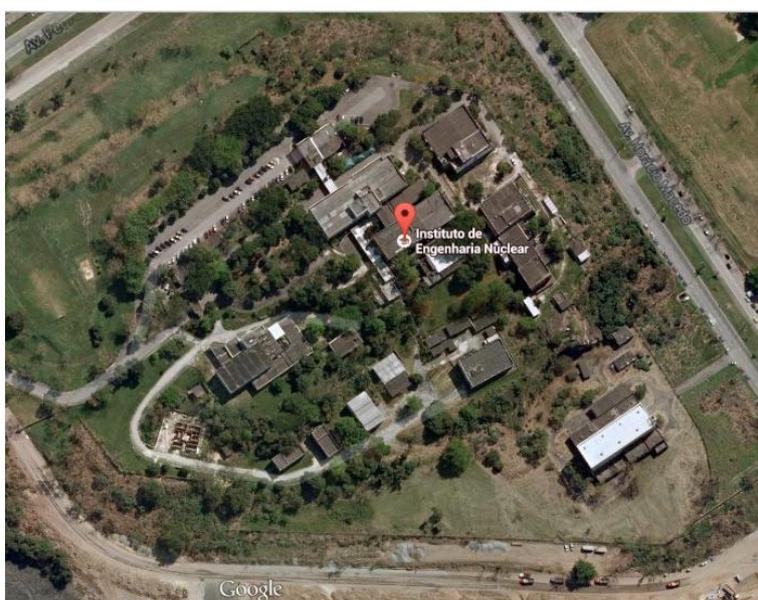


Figura 10 - Instituto de Engenharia Nuclear localização (IEN, 2014)



**Figura 11 - Instalações IEN (IEN, 2014)**

O Instituto foi criado em 1962 por meio de convênio entre a CNEN e a Universidade do Brasil (hoje Universidade Federal do Rio de Janeiro), com o objetivo de impulsionar, no Estado, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na área nuclear. Hoje o IEN conta com aproximadamente 472 funcionários. Conforme o documento de criação do Instituto, seus primeiros desafios foram a construção, operação e uso do reator nuclear de pesquisa Argonauta e a responsabilidade pela produção de radioisótopos para pesquisas e usos industriais, médicos, agrícolas e biológicos.

#### 4.1.1 Itinerário de Contatos

O primeiro contato foi feito através de um servidor que ao saber da proposta de trabalho fez a solicitação ao Chefe de Serviço de Engenharia de Sistemas Complexos (SEESC), e em conversa com foi sugerido que a proposta fosse levada à chefe da Seção de Serviços Gerais (SESEG) pois a mesma já havia pensado em fazer um trabalho nestes moldes com a equipe de segurança. Intermediado pela chefe da SESEG foi feito o pedido de autorização para realizar um estudo com os vigilantes do IEN e a autorização foi concedida pela direção. Após a autorização foi possível circular pelas

instalações onde fui apresentado ao chefe de uma das quatro equipes de segurança do instituto com quem obtive conhecimento relacionado ao trabalho realizado pelos vigilantes (Figura 12).

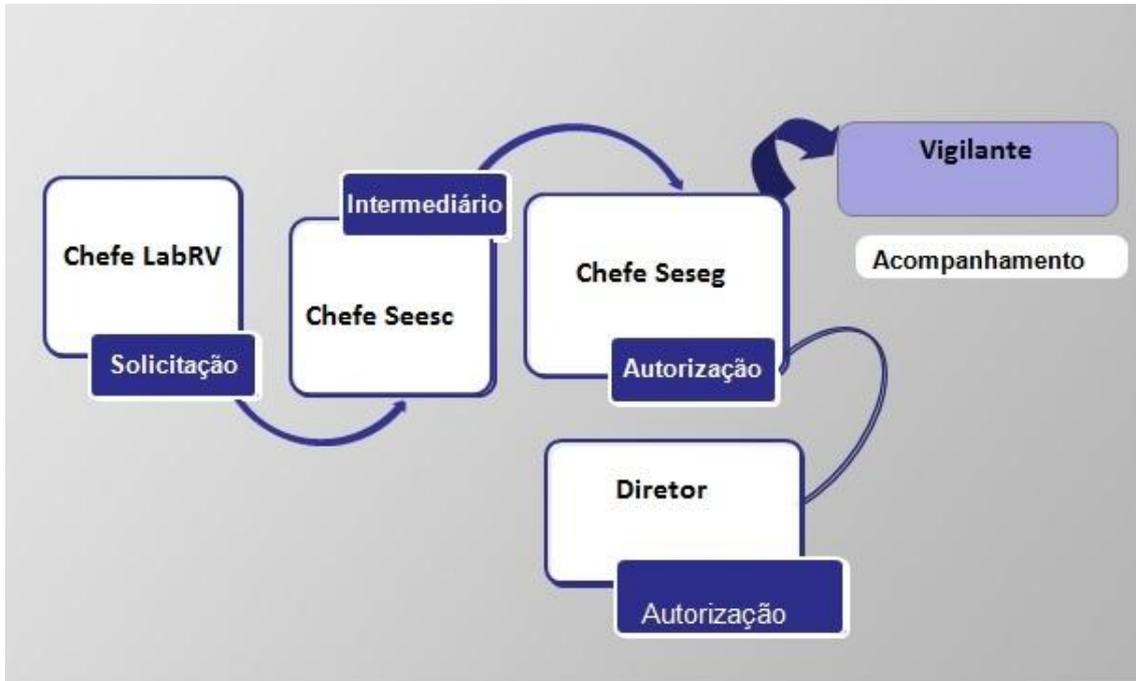


Figura 12 - Itinerário de Contatos

#### 4.1.2 Construção Social

Após receber a autorização e para que o trabalho obtivesse sucesso foi importante estabelecer uma boa construção social com vários chefes de setores, da direção do IEN, da Segurança e dos vigilantes. A interação permitiu que em cada momento da Análise Ergonômica o consenso e a objetividade prevalecessem sobre a subjetividade das pessoas que ali trabalham tornando este método um poderoso aliado da Ergonomia (Figura 13).

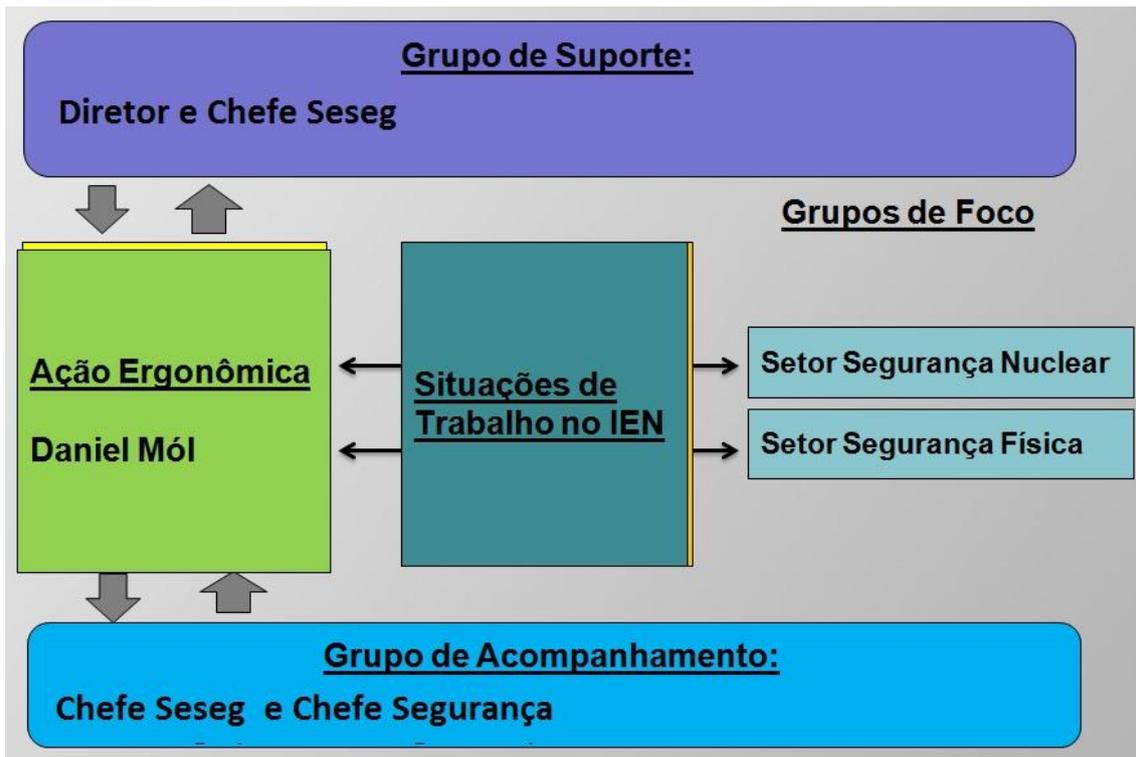


Figura 13 - Construção Social

Algumas reuniões foram realizadas inicialmente com o Grupo de Suporte onde apontaram as mudanças que precisavam ser feitas no setor e perguntaram de que forma a Ergonomia poderia ajudar nessas mudanças, melhorando o ambiente de trabalho. Os vigilantes formaram o Grupo de Foco, do setor de Segurança Física, e ficaram a disposição para entrevistas e para relatar o que de fato acontecia durante sua jornada de trabalho além de pontuar quais seriam os principais transtornos causados durante essa jornada. O Grupo de Acompanhamento foi formado pela chefe do SESEG e principalmente pelo Chefe da Segurança que deu suporte em cada etapa e durante a visita aos postos de trabalho do IEN, identificando cada posto e qual sua importância dentro da Instalação.

O IEN diferencia Segurança Física de Segurança Nuclear, para o Instituto a Segurança Física é a segurança das instalações, dos funcionários. A Segurança Nuclear está relacionada diretamente a segurança do material radioativo, a forma com que esse material é guardado e protegido e tem como objetivo evitar que contaminem o ambiente e as pessoas ao redor.

#### 4.1.3 Cronologia das Ações

Durante a AET foram realizadas 3 reuniões com a chefe do SESEG onde, inicialmente, foi passado a ela o objetivo do estudo e o que ele poderia acrescentar melhorando a condição de trabalho dos vigilantes. Durante as reuniões, ela explanou sobre o objetivo da Segurança Física e sua importância para uma Instalação Nuclear, além de mencionar o que estavam fazendo para melhorar a condição de trabalho dos agentes vigilantes.

#### 4.1.4 Demanda Gerencial

Após as primeiras reuniões foi obtido junto à diretoria liberação para realização do trabalho. As visitas foram realizadas entre os meses de Abril e Julho de 2014, no período da manhã e noite após o expediente, onde foi possível constatar uma grande sobrecarga na atividade do vigilante. Funcionários e vigilantes foram entrevistados com objetivo de colher informações que pudessem ajudar na proposta de melhoria da condição de trabalho dos agentes vigilantes. Fotos também foram tiradas dentro do Instituto para análise das condições de trabalho.

Após a primeira reunião, além de explicar o que era Ergonomia e onde ela poderia atuar para melhorar a qualidade de trabalho dos vigilantes foi perguntado a chefe do SESEG qual seria a principal demanda identificada por ela para iniciarmos um

trabalho. Prontamente ela respondeu que a principal demanda era na área de Segurança Física, pois eles estavam reformulando este setor para melhorar a segurança da instalação e de seus funcionários.

O foco inicial sugerido foi para melhorar a condição de trabalho dos vigilantes. O principal motivo era dar maior segurança ao patrimônio da instituição e a sugestão dada pela chefe da SESEG para que essa melhoria acontecesse foi a de elaborar um novo protocolo de segurança, pois achava o existente ultrapassado.

#### 4.1.5 Processo Produtivo

Na figura 14 podemos observar como é o Fluxo nos Postos de Segurança dentro do IEN. O posto 1 localiza-se na entrada da instituição, segundo as normas internas o posto 1 tem que ter contato visual com os postos 2 e 6. O posto 2, também conhecido como portaria 1, é o primeiro acesso as Instalações e também deve ter contato visual com os postos 1 e 3. O posto 3, conhecido também como portaria 2, é o segundo acesso a parte interna da Instalação Nuclear e deve ter contato visual com os postos 2 e 4. O posto 4 tem acesso a área interna e contato visual com os postos 3 e 5. O posto 5 é responsável pela vigilância da parte alta da instalação e deve ter contato visual com os postos 4 e 6. O posto 6 deve ter contato visual com os postos 2 e 5.

O contato visual entre os postos é importante para caso ocorra alguma eventualidade ou algum risco eminente os vigilantes de outros postos possam perceber o que esta acontecendo e ajudar a controlar a situação.

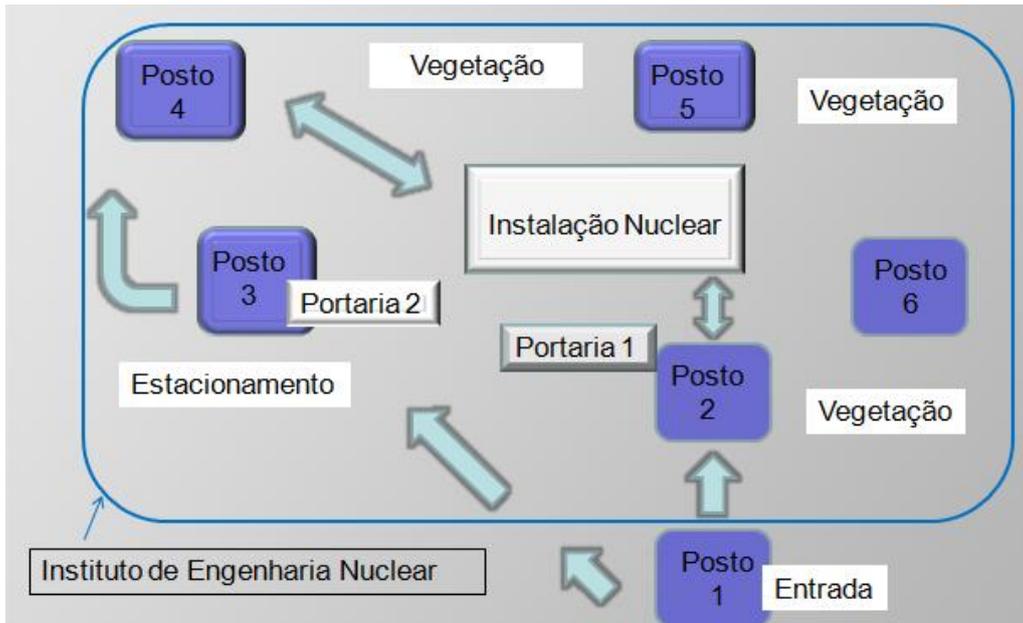


Figura 14. Fluxo nos Postos de Segurança

#### 4.1.6 Análise da População

O IEN conta hoje com 427 pessoas na instituição. Dessas 25 são bolsista de instituição como FAPERJ e Cnpq, que contribuem em pesquisas e projetos. Existem 39 alunos de mestrado, pois o IEN possui um curso de mestrado que tem por objetivo qualificar pessoas na área nuclear e também formar indivíduos. Possuem 124 funcionários terceirizados, entre faxineiros, seguranças, secretárias, etc. E atualmente conta com 240 servidores concursados (Gráfico 1).

## Funcionários

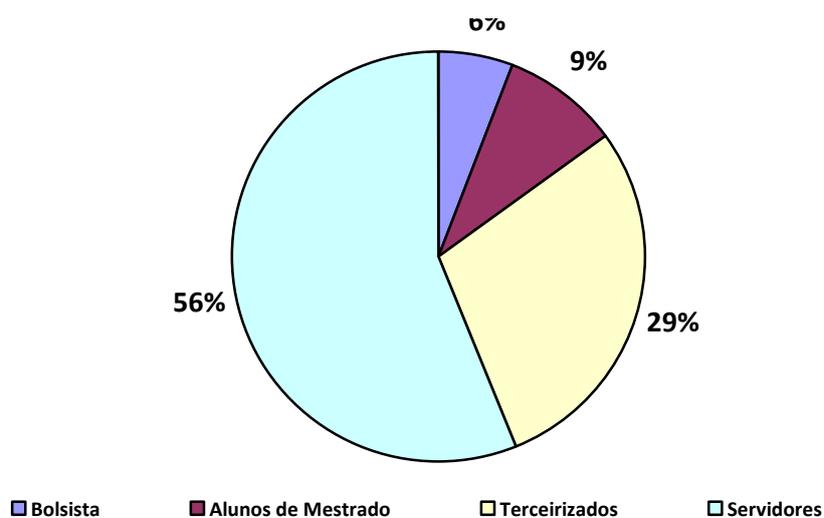


Gráfico 1 - Número de Funcionários, alunos e bolsistas.

O grupo de foco compreende a equipe de vigilantes. Essa equipe é composta por 40 vigilantes, dentre eles 4 são chefes de equipe. A segurança é composta por 4 equipes onde cada uma tem o seu chefe. As equipes se revezam em uma escala de 12x26 horas no período de manhã e noite (Gráfico 2). Essas equipes são compostas apenas por vigilantes do sexo masculino, a faixa etária de 28 a 54 anos.

## Vigilantes

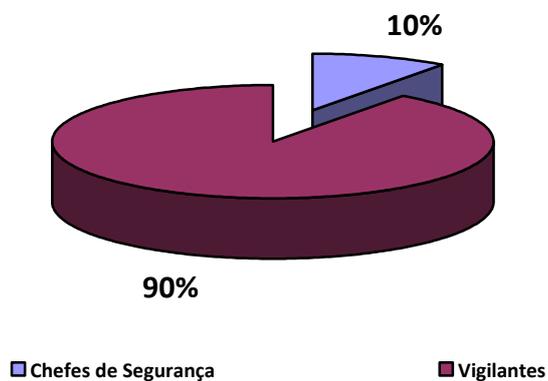


Gráfico 2 - Divisão da Equipe de Vigilantes.

#### 4.1.7 Demanda Ergonômica

Nas primeiras reuniões realizadas com a chefe do SESEG, onde surgiu a demanda gerencial, foi relatado que a principal demanda era relacionada a Segurança Física, já que o instituto estava reformulando o setor com a finalidade de melhorar os procedimentos de segurança da instalação. Então após conversas com os funcionários, os vigilantes e chefes de segurança percebeu-se que deveria ser dada maior atenção aos postos de trabalho dos vigilantes pois ali se concentravam os maiores problemas relatados pelos vigilantes.

Em reunião com a chefe do SESEG foi relatado que a maior preocupação seria com os postos de trabalho dos vigilantes. Sendo assim ficou decidido que a demanda ergonômica deveria se concentrar nos postos dos vigilantes. Com objetivo de melhorar a condição de trabalho dos Vigilantes motivado pela possibilidade de melhorar a segurança do patrimônio do instituto. Foram constatados alguns problemas logo assim que as conversas com os vigilantes começaram. Podemos citar algumas delas: falta de bebedouro em alguns postos de trabalho, ausência de banheiro, ambiente com pouca visibilidade, calor excessivo, posto de vigilância muito próximo a cerca, pouca iluminação artificial a noite.

#### 4.1.8 Focalização

Durante a análise foi sugerido o estudo da equipe de Segurança Física, pois a instituição estava querendo refazer questões relacionadas ao protocolo de segurança. Após tal escolha o foco passou a ser no posto de trabalho dos vigilantes. A seguir veremos algumas situações onde é possível ver a falta de ergonomia nos postos de trabalho.

O primeiro posto de trabalho observado é feito de fibra de vidro o que torna o local muito quente em dias de sol, pois não existe nenhum tipo de cobertura para reduzir esse calor (figura 15).



Figura 15. Posto de Vigilância exposto ao sol

Na figura 16 é possível ver a precariedade da ventilação. Existe um ventilador, mas em dias de calor, segundo relato dos vigilantes, ele não serve para nada pois só joga vento quente, o que prejudica ainda mais a sensação térmica.



Figura 16. Ventilação precária

Podemos observar na figura 17 como o espaço é apertado dentro do posto. A cadeira colocada dentro do posto não é giratória e estava em péssimo estado.



Figura 17 - Pouco espaço e cadeira ruim

Vigilantes do turno da noite foram entrevistados e todos relataram que a iluminação artificial era o principal problema, pois o terreno ao redor do posto de trabalho era pouco iluminado. O lugar mais iluminado era dentro do próprio posto, o que muitos vigilantes relatavam que se sentiam um alvo (figura 18).



Figura 18 - Iluminação precária

Na figura 19 é possível ver nitidamente que a falta de iluminação deixa o posto de trabalho isolado e com pouca visibilidade do terreno ao redor, pois não existe nenhum poste de iluminação por perto. Ao lado do IEN existe uma rua e a mesma também não tem iluminação. É possível ver que a posto é o local mais iluminado e segundo relatos de vigilantes isso faz com que o posto se torne um 'alvo' o que poderia ser um risco a segurança dos mesmos.



Figura 19 - Posto isolado com pouca iluminação

Conforme relatado anteriormente os vigilantes demonstram preocupação porque o posto de trabalho pois o mesmo fica colado a cerca, e tal proximidade pode ser bastante prejudicial pois sem ter toda a visualização do terreno ao redor e uma pessoa mal intencionada pular a cerca poderia render os vigilantes (figura 20).



Figura 20. Proximidade da cerca

A dificuldade de visualização do terreno ao redor é bastante prejudicial para a equipe de vigilância, eles relataram que quando ficam dentro do posto não consegue ver direito do lado de fora pois as janelas são pequenas e muito altas. Foi dito que o protocolo de segurança determina que os vigilantes fiquem dentro de seus postos, podendo sofrer advertência caso não fiquem. Os vigilantes em vários casos não conseguem ficar dentro do posto, pois não conseguem realizar o trabalho de vigilância adequadamente (figuras 21 (a) e (b)).



Figura 21a. Janelas altas



Figura 21b Pouca visualização

#### 4.1.9 Lista de Problemas

Após as conversas com os vigilantes e analisando as fotos tiradas foi possível estabelecer uma lista de problemas básicos e que se resolvidos iriam melhorar a condição de trabalho do grupo de foco. Inicialmente a falta de espaço em alguns postos chamou atenção, pois eram apertados e em algumas situações quando o vigilante estava sentado o joelho batia na parte da frente da estrutura e gerava grande desconforto.

O mobiliário era precário, as cadeiras estavam desgastadas e não possuíam rodas dificultando a locomoção do usuário quando ele precisava girar a cadeira e olhar ao redor da cabine. A temperatura, como já foi mencionado anteriormente, era bastante elevada principalmente nas cabines de fibra de vidro. A visibilidade era ruim principalmente a noite pois a iluminação artificial praticamente não existia, pelo menos não existia nos pontos estratégicos.

A falta de banheiro em algumas cabines prejudicava o vigilantes, pois o mesmo quando tinha necessidade de ir ao banheiro precisava solicitar que outro vigilante ficasse em seu lugar. A ausência de bebedouro em alguns postos era uma coisa ruim tendo em vista que a água é essencial e em dias de calor prejudicava muito o trabalho.

#### 4.1.10 Utilização da Ferramenta EAMETA

A ferramenta EAMETA foi aplicada para poder confirmar o que foi visto no trabalho de campo. Participaram desta etapa 4 vigilantes, onde perguntas eram feitas e eles respondiam em escala de Muito Ruim até Ótimo. A seguir veremos a tabela 1 que foi construída com base nos dados recolhidos nas entrevistas. A tarefa realizada pelos agentes será descrita a seguir.

<b>Escala de leitura</b>	<b>Otimo</b>	<b>M. Bom</b>	<b>Bom</b>	<b>Ruim</b>	<b>M. Ruim</b>
<b>Espaço</b>	<b>Vig. 1</b>	<b>Vig. 2</b>	<b>Vig. 3</b>	<b>Vig. 4</b>	<b>Observador</b>
Tamanho do posto	R	MR	B	B	R
Janelas	R	R	B	B	R
Visibilidade	MR	MR	B	B	R
<b>Ambiente</b>					
Iluminação natural	MB	B	B	B	B
Iluminação artificial	MR	MR	MR	MR	MR
Temperatura	MR	MR	R	R	R
Ventilação	B	B	R	R	R
<b>Mobiliário</b>					
Cadeira	MR	R	B	R	R
Mesa	B	B	B	B	B
Lixeira	B	B	B	B	B
Bebedouro	MR	B	B	MR	R
<b>Equipamento</b>					
Telefone	B	R	R	R	R
Radio comunicador	MB	MB	MB	MB	MB

Tabela 1 – EAMETA

Antes de analisar a atividade do vigilante será descrita a tarefa que os vigilantes realizam em cada posto de trabalho:

- O posto 1 é o primeiro contato que o visitante tem quando vai ao IEN, este posto possui uma cancela onde o visitante é obrigado a parar, se identificar e dizer o que veio fazer. É o posto 1 que indica se a pessoa vai para a portaria 1 ou portaria 2. Se for uma entrega onde um veículo tenha que entrar na instalação o posto 1 encaminha ou para o posto 2 ou para o posto 4 dependendo do tipo de entrega.

- O posto 2 é responsável por pegar dados do veículo bem como de seus ocupantes. Neste posto todos os carros são revistados na entrada e na saída com a finalidade de não deixar entrar produtos nocivos e nem sair produtos radioativos.
- O posto 3 está localizado na portaria 2 ele é responsável pela vigilância do estacionamento, por vigiar as pessoas que entram pela portaria 2 bem e também fazem contato direto com o posto 1 toda vez que um carro vai realizar a entrega e tem que passar pelo posto 3 até chegar ao posto 4.
- O posto 4 é responsável por vigiar a parte posterior do estacionamento bem como o portão por onde os veículos de entrega passam. Este posto supervisiona todos os veículos que entram na instalação.
- O posto 5 fica no local mais alto do instituto ele tem contato visual com o posto 4 e o posto 6.
- O posto 6 fica na parte de trás do instituto e é responsável por vigiar a área mais afastada das instalações. A figura 22 tenta reproduzir o fluxo de tarefas.

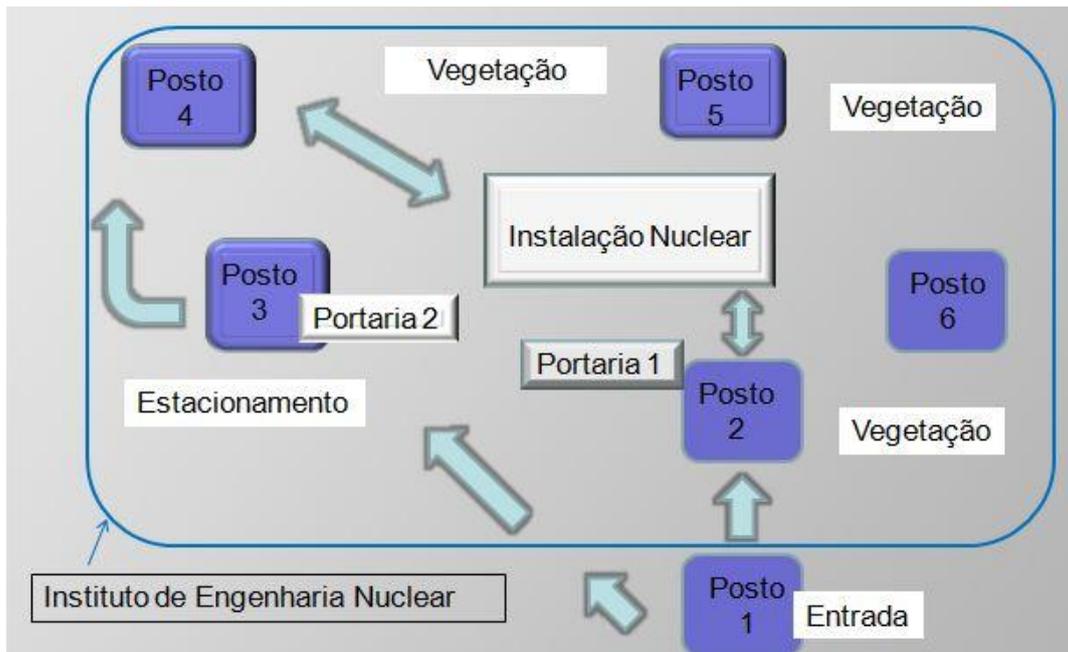


Figura 22 - Fluxo das Tarefas

Para analisar a atividade do vigilante foi feita uma entrevista onde cada um deveria descrever sua atividade. A seguir a reprodução do entrevista feita com o vigilante.

Pergunta (P) feita ao Vigilante (V):

P “O que você deve fazer?”

V – “Devo vigiar as instalações do instituto e assegurar a integridade física dos funcionário.”

P “Qual é o seu trabalho?”

V – “Meu trabalho é ficar atento para qualquer eventualidade poder agir e evitar algum risco a segurança.”

P “Que tarefa você desempenha?”

V – “Controlo a entrada e saída de veículos, encaminho visitantes a recepção, faço ronda internas, fechamento e abertura de prédios.”

A tabela 2 mostra o nível de exigência física, cognitiva e organizacional relatada pelos vigilantes. Foi feita uma escala que variava de Muito Grande até Muito Pouca.

Atividade	M.Grande	Grande	Normal	Pouca	M. Pouca
<b>Exigência Física</b>	<b>Vig. 1</b>	<b>Vig. 2</b>	<b>Vig. 3</b>	<b>Vig. 4</b>	<b>Observador</b>
Postura	G	N	N	N	G
Uso de Força	N	N	N	N	N
Fonação	N	N	N	N	N
<b>Exigência Cognitiva</b>					
Concentração	MG	MG	G	G	MG
Atenção	G	MG	MG	MG	MG
Raciocínio Rápido	N	N	N	N	N
<b>Exigência Organizacionais</b>					
Procedimento padrão	N	N	N	N	N
Divisão de tarefas	P	P	N	N	N
Cooperação c/ Adm	MG	MG	G	MG	MG

Tabela 2 - Exigência Física, Cognitiva e Organizacional.

#### 4.1.11 Pré-diagnóstico

Um pré-diagnóstico foi feito e observou-se que o espaço do posto de trabalho dos vigilantes não permitia a movimentação adequada. O tamanho e posição das janelas dificultava a visão de todo o ambiente externo, sendo assim os vigilantes ficavam a maior parte do tempo fora do posto para conseguirem ver todo o terreno. A ausência de banheiro e bebedouro era outro fator muito importante pois o vigilante tinha que se deslocar toda a vez que ele precisava beber água ou utilizar o banheiro e as vezes o substituto não estava por perto e ele tinha que esperar.

#### 4.1.12 Comportamento dos Observáveis

Podemos constatar no comportamento dos observáveis que os postos de vigilância tinha pouco espaço para acomodação, a ausência de um espaço para guardar volumes, pouca iluminação noturna, quando estava sol o calor era insuportável e o ventilador não era suficiente pois não fazia tanta diferença.

#### 4.1.13 Diagnóstico Operante

No diagnóstico Operante foi constatado que não existe comunicação visual entre todos os postos de trabalho, o que deveria ocorrer de acordo com o plano inicial de segurança. Nos postos de trabalho verificamos a postura forçada dos vigilantes. Muitas vezes eles passam horas em pé do lado de fora do posto pois não conseguem visualizar todo o campo de cobertura para vigiar.

Além das cadeiras totalmente ultrapassadas e velhas o que ocasionava dor nas costas quando permaneciam muito tempo sentados. A vegetação ao redor da instalação esta muito alta o que impede que os vigilantes consigam ver toda a instalação para realizarem um bom trabalho. Outro fator que foi citado por todos os entrevistados tem relação direta com a iluminação artificial, pois a noite, quando eles mais precisam dela não a tem.

#### 4.2 Criação do Ambiente Virtual

A modelagem das edificações foi realizada através do software Autodesk 3Ds Max. Uma imagem topográfica foi adicionada e serviu como referência da área modelada (Figura 23).

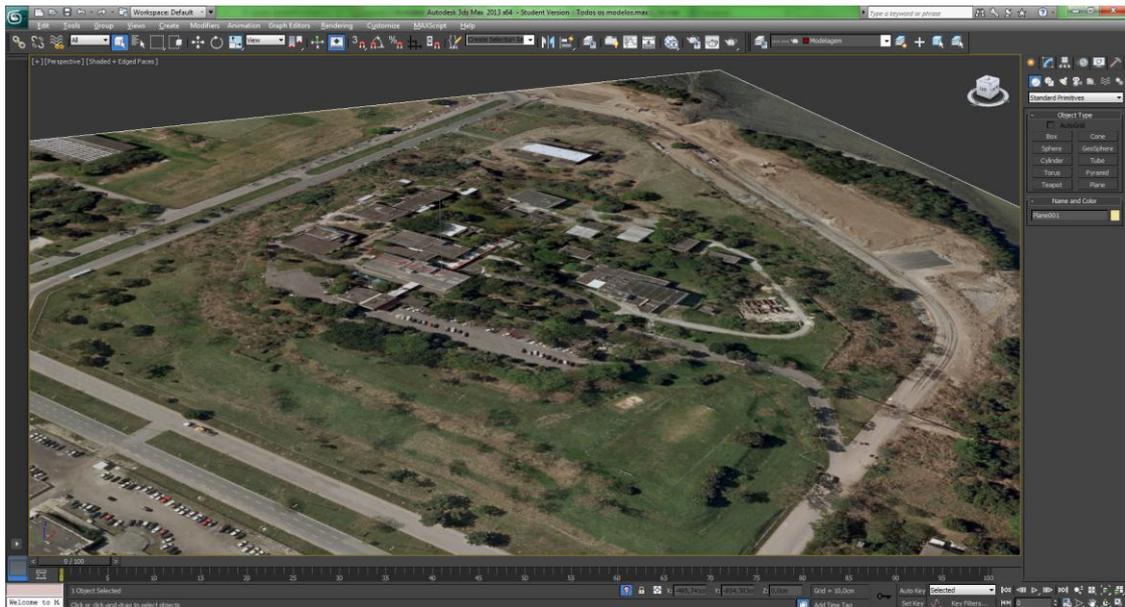


Figura 23 - Imagem topográfica adicionada no 3ds Max.

Somente as fachadas das edificações foram modeladas. Uma técnica chamada Poly Modelling foi utilizada para a construção do modelo. Ela consistiu em adicionar uma primitiva Box ao espaço virtual e em seguida, através das ferramentas oferecidas pelo software, foi esculpida a forma até o estágio em que o modelo virtual transmitisse a credibilidade de ser uma representação da realidade (Figura 24).

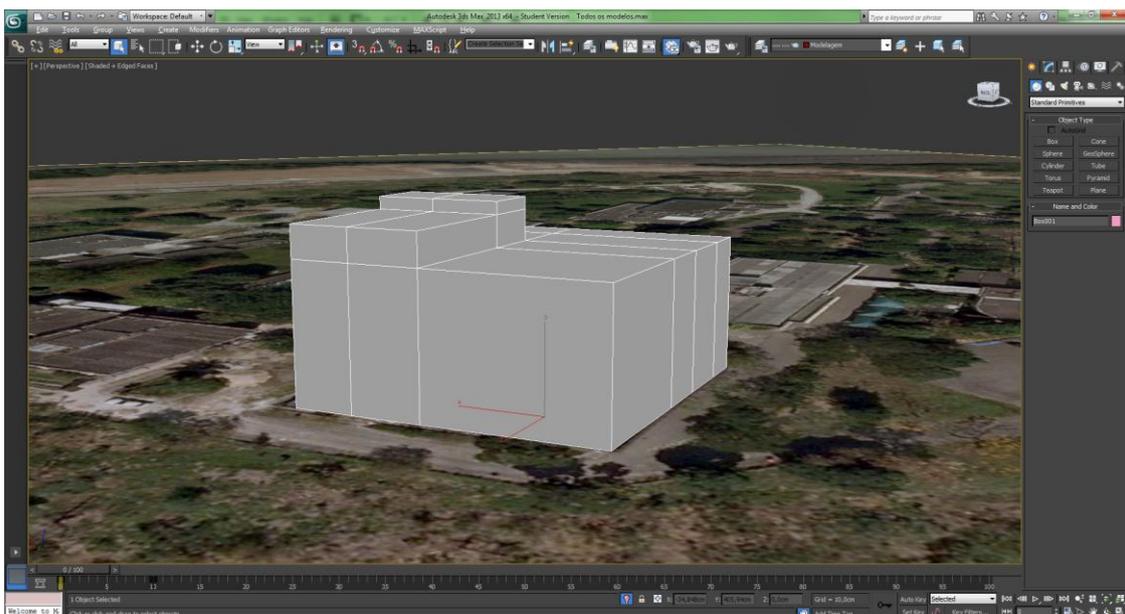


Figura 24 - Modelagem das edificações.

Houve também a necessidade de construir virtualmente o interior das portarias devido ao alto fluxo de pessoas durante todo o dia. Neste caso, para a modelagem das áreas internas, foram feitas fotos e visitas ao local. Objetos genéricos como cadeiras, mesas de computador, ar condicionado, pia e vaso sanitário, foram adicionados ao ambiente através de bancos de objetos disponibilizados em sites especializados. Objetos específicos como armários e janelas, também foram modelados através da técnica de Poly Modeling.

A segunda etapa consistiu no processo de texturização. Ainda no 3Ds Max, o objeto teve sua malha planificada e posteriormente transformada em uma figura. Foram aplicadas as camadas de textura, as quais foram baseadas em fotos colhidas no próprio local. Nas texturas foram concedidos os aspectos do estado de conservação e efeitos naturais causados pela umidade, poeira e etc.

A figura 25 mostra a textura planificada aplicada ao modelo, e cada uma das faces texturizadas coincidentes com a face do modelo que está posicionado no espaço virtual.

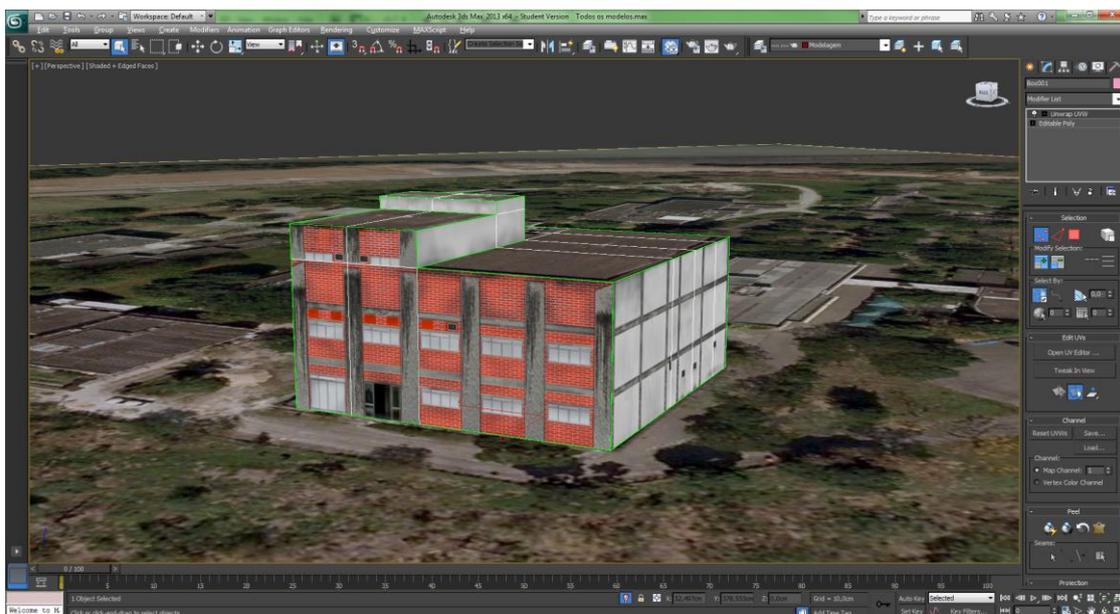


Figura 25 - Edificações texturizadas no 3ds Max.

## 4.2.2 Modelagem do Terreno

O núcleo de jogo Unity 3D foi utilizado para realizar a modelagem do terreno da instalação nuclear estudada neste trabalho. Em um primeiro momento, criou-se um terreno padrão da ferramenta, sem formas, relevos ou texturas, destinado a servir de base para as construções e alterações posteriores (Figura 26).

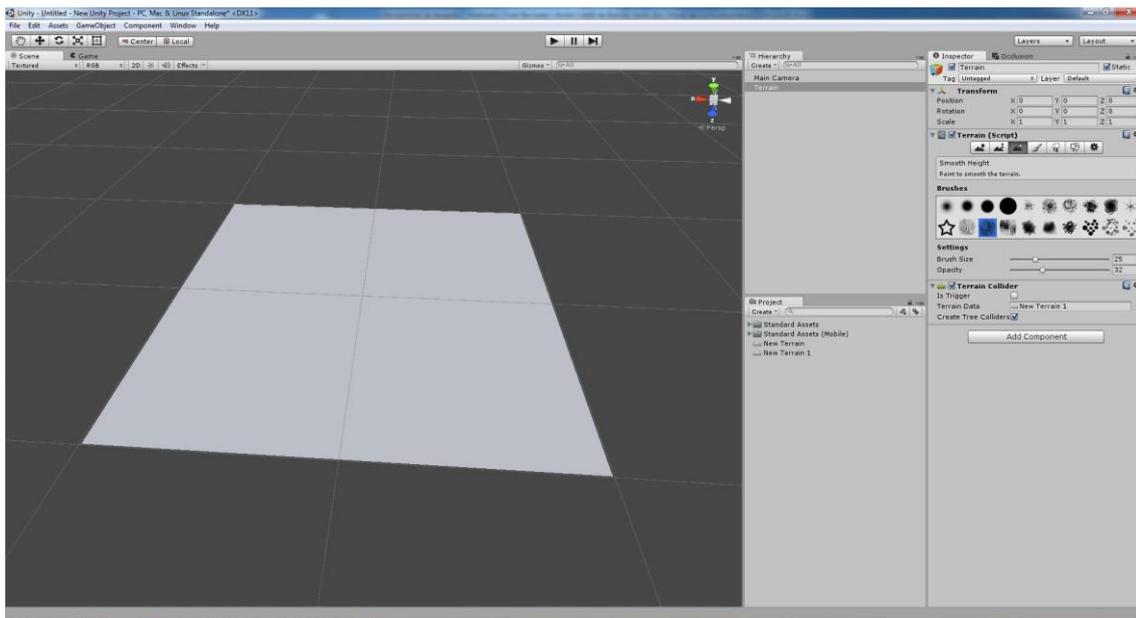


Figura 26 - Terreno plano criado no Unity.

Utilizando as medidas e proporções oriundas da imagem topográfica da instalação nuclear, no que concernem as extensões e escalas do cenário, dimensionou-se o terreno padrão do Unity 3D (Figura 27). Assim, as formas, grandezas de largura e comprimento do terreno em desenvolvimento foram adequadas às reais encontradas no sítio nuclear.

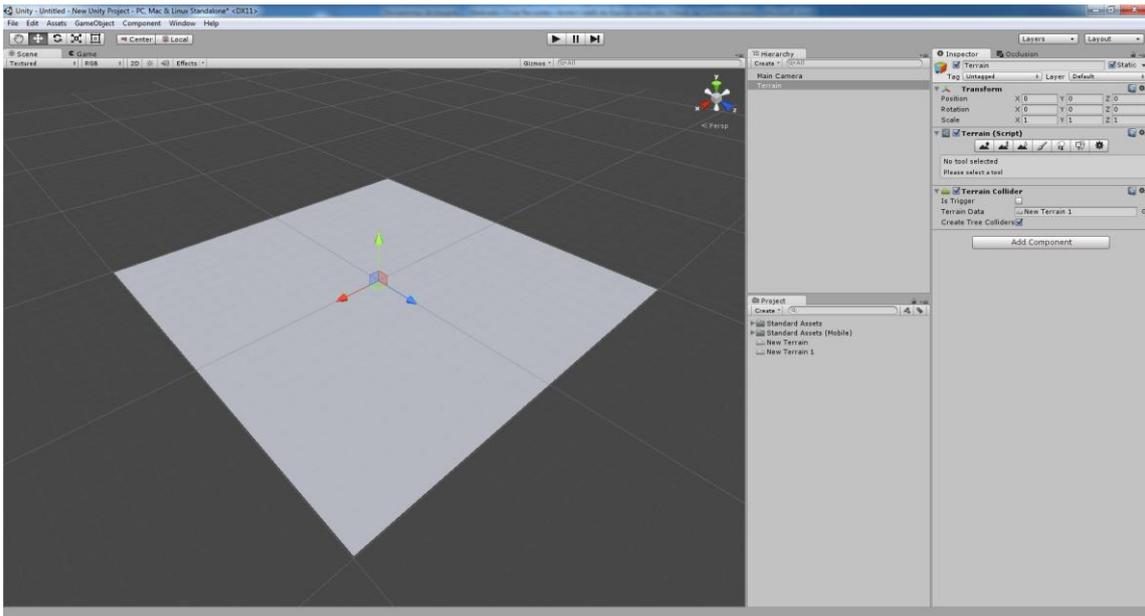


Figura 27 - Alteração das dimensões do terreno.

Após ajustar o terreno virtual em relação às formas e escalas do ambiente real, aplicou-se a mesma imagem topográfica utilizada para referência como textura deste terreno, apresentada na figura 28. Com as proporções já equivalentes, esta textura, ainda planificada, ajustou-se corretamente ao ambiente modelado, possibilitando a visualização dos pontos necessários à inserção de relevos e dos exatos locais onde as edificações deveriam ser posicionadas.

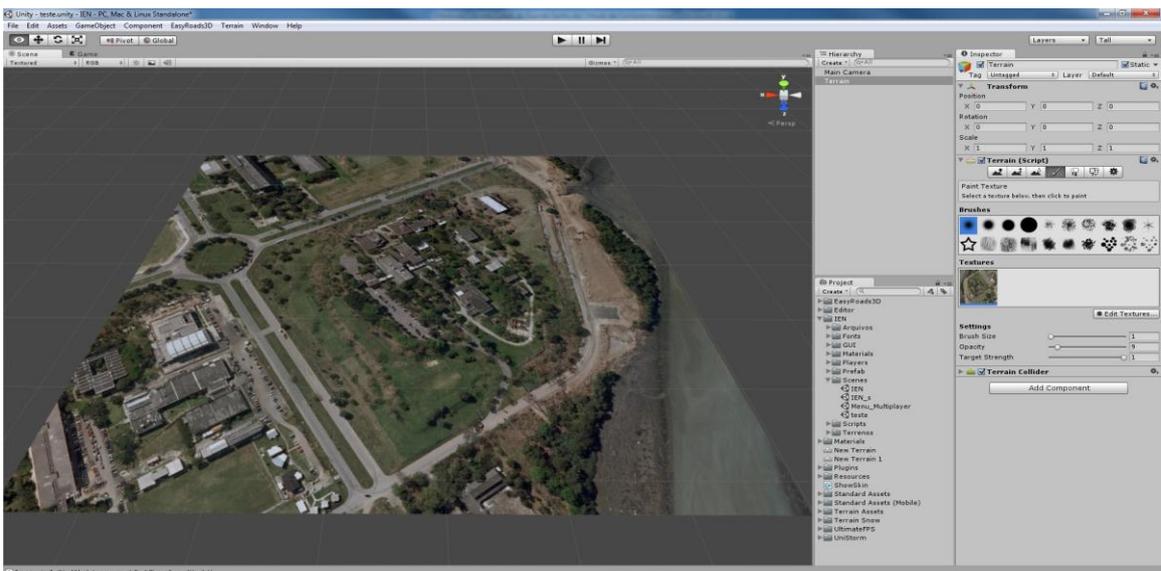


Figura 28 - Terreno texturizado.

A partir do terreno virtual modelado (em suas formas e dimensões de largura e comprimento) e já texturizado, foram realizadas as devidas alterações pertinentes ao relevo desta área. A figura 29 mostra a aplicação das características de acidentes existentes no terreno, sendo estas naturais ou oriundas de construções existentes.

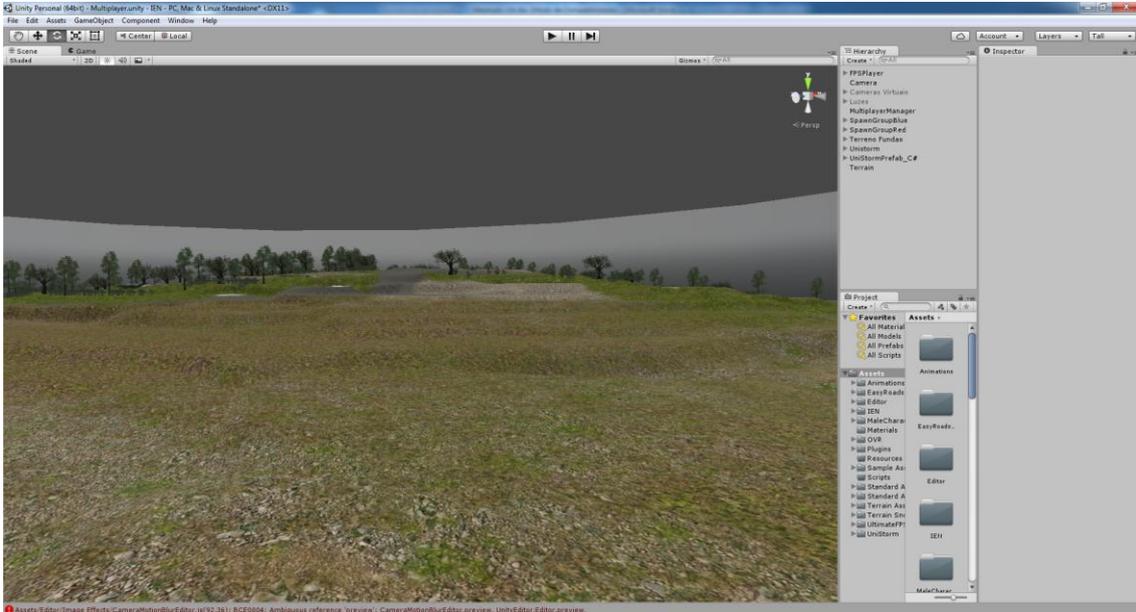


Figura 29 - Características geográficas do terreno.

Com o terreno virtual já desenvolvido, iniciaram-se as inserções de objetos e edificações existentes no ambiente real. Os objetos 3D produzidos no Autodesk 3Ds Max, foram importados (adicionados) para o terreno do Unity 3D. Estes elementos foram posicionados de acordo com a verdadeira disposição das edificações do sítio, e receberam escalonamento dentro do núcleo de jogo, para respeitar as proporções existentes, figura 30. No Unity uma unidade métrica equivale a 1 (um) metro, sendo necessário um ajuste de parametrização para que os objetos importados conservem esta

escala.

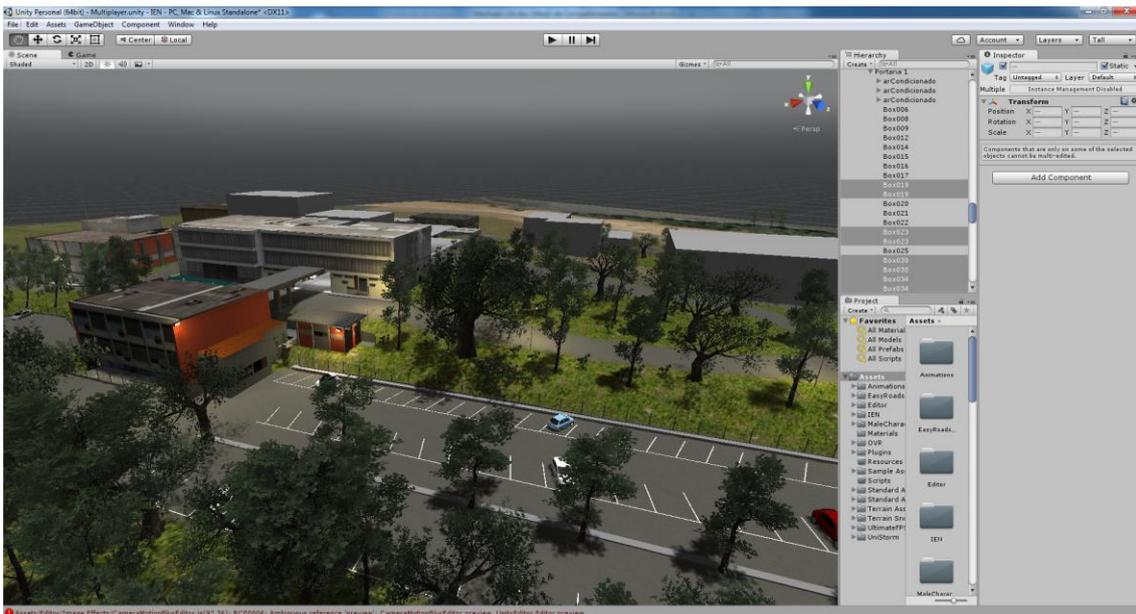


Figura 30 - Modelos tridimensionais inseridos no Unity.

Visando fornecer maior realismo ao cenário virtual, inseriu-se também as características de vegetação encontradas na instalação, como gramíneas, arbustos e árvores (Figura 31).

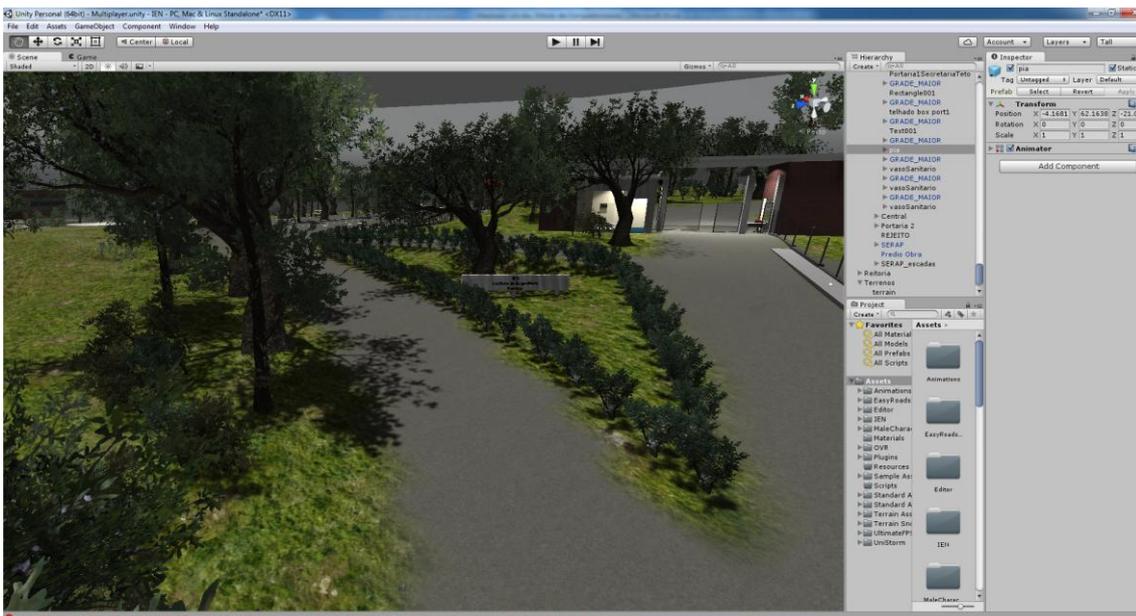
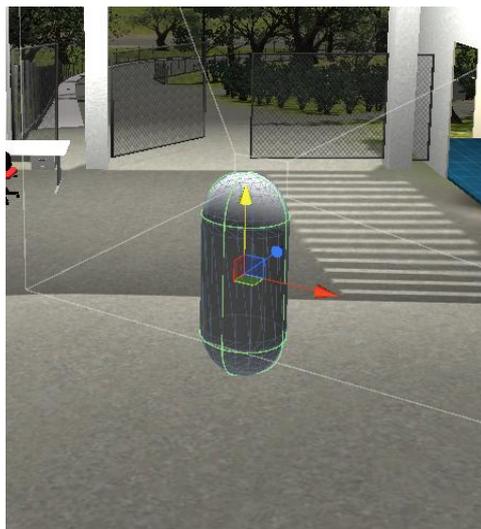


Figura 31 - Terreno com sua respectiva vegetação.

Por fim, para possibilitar a interação com o cenário desenvolvido, foram inseridos avatares, personagens virtuais, controlados pelo usuário da aplicação. As figuras 32 (a) e (b) mostram os módulos de avatares, tanto em primeira como em terceira pessoa, respectivamente. Um avatar em primeira pessoa é aquele que visualiza o ponto de vista do protagonista, sendo o usuário do sistema e o avatar o mesmo observador, permitindo ao usuário uma percepção de estar inserido no ambiente. Já o avatar em terceira pessoa é aquele que durante a utilização da aplicação pode ser visto pelo usuário, como sendo outra pessoa controlada pelo mesmo.



(a)

Figura 32 (a) - Avatar padrão do Unity 3D



(b)

(b) - Avatar em terceira pessoa.

### 4.3 Implementação de Funcionalidades

A implementação de funcionalidade foi feita dar maior realismo ao ambiente virtual. Características particulares foram acrescentadas ao Avatar, ao Sistema Dia e

Noite, à Iluminação Artificial e ao Sistema Multiusuários, e tais características serão demonstradas a seguir

#### 4.3.1 Avatar

Para fornecer maior realismo ao sistema proposto, realizaram-se alterações nas características dos avatares presentes no ambiente virtual. Primeiramente alterou-se as características visuais destes personagens, evitando uma aparência infantil das animações (como é identificada no avatar padrão do Unity 3D), e proporcionando ao usuário uma identificação visual com personagens semelhantes aos que comumente são encontrados na instalação nuclear (Figura 33). Além de roupas e expressões alterou-se a altura dos avatares para 1 m e 70 cm, de acordo com a altura média de um homem adulto.



Figura 33 - Avatar desenvolvido para a simulação.

Foram ajustadas as velocidades de deslocamento dos personagens, para refletir a verdadeira velocidade de deslocamento de um ser humano dentro da instalação nuclear. Realizaram-se medições de velocidades médias de pessoas caminhando e correndo dentro sítio, e tais medidas foram aplicadas aos avatares. Também se aferiu a altura de possíveis saltos que os indivíduos poderiam realizar dentro do ambiente, sendo tais parâmetros aplicados aos personagens virtuais.

Foi também implementada neste trabalho a alternância entre avatares de primeira e terceira pessoa. As figuras 34 (a) e (b) mostram a diferença de visão entre tipos de avatares. Desta maneira, o usuário do sistema sempre poderá escolher, de forma dinâmica, durante a utilização da aplicação, qual visualização melhor atenderá suas necessidades.



(a)



(b)

Figura 34 (a) - Visão do avatar em primeira pessoa;

(b) - Visão do avatar em terceira pessoa.

#### 4.3.2 Sistema de Dia e Noite

Para possibilitar a realização de simulações com diferentes condições climáticas nas mais distintas horas do dia, a partir do plugin UniStorm, desenvolveu-se um sistema para controle de dia e noite no ambiente virtual (Figuras 35 e 36). Esta funcionalidade permite a aplicação no cenário de todas as características naturais ao longo das horas, como iluminação, sombras, posicionamento do sol, aparição de estrelas, fases lunares, etc.



35



36

Figura 35 (a) - Ambiente virtual durante o dia, com o posicionamento do sol afetando as sombras dos objetos; (b) - Ambiente virtual à noite, contendo um sistema de fases lunares e estrelas.

O sistema desenvolvido permite também a modificação de características meteorológicas, como por exemplo, dias nublados e ensolarados, chuvas, ventos, neve, etc. A combinação destas diferentes possibilidades permite a realização de simulações nos mais diferentes cenários influenciados por condições de clima e tempo, apresentada na figura 37.



Figura 37 - Condições climáticas afetando o cenário.

#### 4.3.3 Iluminação Artificial

Utilizando fotos e realizando verificações presenciais na instalação em estudo, foram identificados os pontos reais de iluminação, onde as luminárias externas estavam instaladas. A seguir, foi inserido no ambiente virtual desenvolvido um sistema de iluminação artificial. Buscou-se reproduzir no sistema estas mesmas iluminações, compatíveis não só em posição, mas também em intensidade. A figura 38 apresenta esta iluminação artificial do cenário virtual.



Figura 38 - Iluminação artificial do ambiente virtual.

Este sistema de iluminação do cenário virtual foi programado para acender (às 18h00min) a apagar (às 6h00min) automaticamente, de forma semelhante ao funcionamento real. No entanto, disponibiliza-se ao usuário uma opção blackout, na qual o mesmo pode optar por apagar todas as luzes da iluminação artificial de uma única vez.

#### 4.3.4 Ambiente Virtual Multiusuários

O ambiente Virtual desenvolvido utilizando o núcleo de jogo Unity, pode ser operado por um ou múltiplos usuários (cada usuário representado por um avatar). Para escolher entre esses dois modos, faz-se necessário executar o programa. Ao iniciar o programa é exibido um menu para que o usuário defina qual versão deseja, figura 39.

No modo "Um Usuário" somente uma pessoa poderá utilizar o programa, controlando assim um avatar da simulação. Enquanto que no modo "Múltiplos usuários", um grupo de pessoas pode interagir juntamente em um mesmo cenário, podendo haver colaboração ou oposição de objetivos entre os usuários (multiplayer game). Por fim, o botão "Sair" permite fechar a aplicação.



Figura 39 - Janela inicial do programas.

No modo um usuário, a simulação será executada e o usuário poderá controlar o avatar no mundo virtual, como mostrado na figura 40.

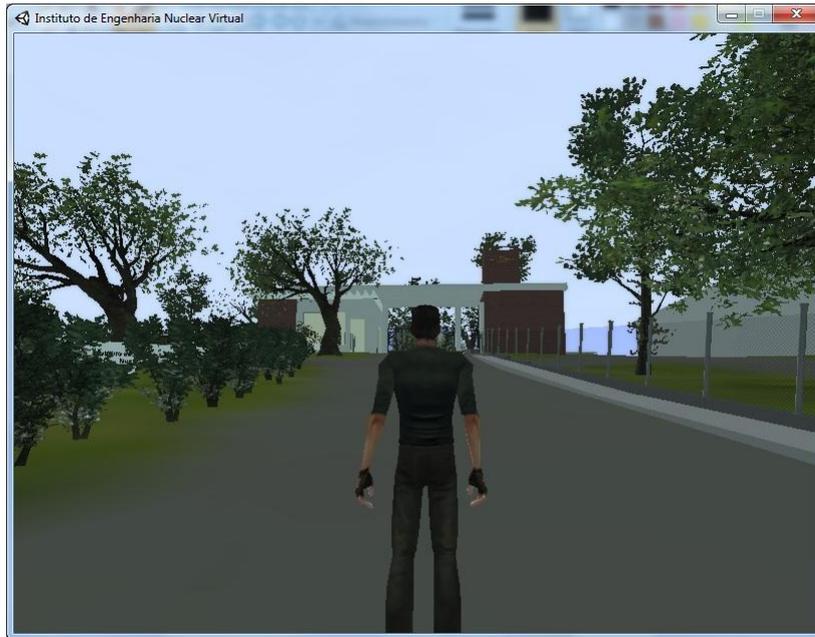


Figura 40 - Simulação no modo um usuário.

Já no modo múltiplos usuários, é possível conectar-se a outros, seja localmente (rede de computadores) ou pela internet. Para isso, basta escolher o modo "Múltiplos Usuários" e será aberto o menu de configuração de conexão, figura 41.



Figura 41 - Menu de configuração do modo Múltiplos Usuários.

## Capítulo 5 Testes e Resultados

O ambiente virtual desenvolvido neste trabalho teve como objetivo manter uma semelhança com as instalações do Instituto de Engenharia Nuclear, baseando suas medidas e proporções em mapas, plantas, fotos e medições manuais das edificações reais do IEN, a partir daí desenvolveu-se um cenário virtual para realização de simulações com vigilantes e para avaliação do sistema por um profissional de Ergonomia. Os resultados foram obtidos através da simulação virtual e entrevista.

As simulações foram realizadas em 2 (duas) etapas onde participaram dos eventos agentes de segurança terceirizados (chamados agente A e agente B), responsáveis pela segurança da instalação nuclear e um profissional de ergonomia (chamado de PE), que acompanhava as atividades dos agentes. A primeira etapa foi chamada de Validação do Ambiente Virtual e a segunda etapa de Proposição de Atividades dentro do Ambiente Virtual. A simulação foi acompanhada por um profissional de Ergonomia que avaliava a utilidade do sistema para auxiliar uma Análise Ergonômica.

Após a realização da simulação os participantes foram submetidos a um questionário com perguntas objetivas. O objetivo foi extrair a percepção dos agentes quanto à semelhança do ambiente criado com o ambiente real e a realização de atividades dentro do mesmo.

## 5.1 Validação do Ambiente Virtual

**OBJETIVOS:** percorrer o ambiente virtual simulado com objetivo de validação do grau de fidelidade Virtual x Real ; Extrair a percepção dos agentes quanto o grau de realismo do ambiente virtual em comparação ao real.

Os agentes A e B foram submetidos a uma entrevista onde as respostas iam de (1) discordo totalmente até (5) concordo totalmente, onde responderam de acordo com a sua percepção. Abaixo serão apresentadas as perguntas feitas nos questionários e a respostas dos agentes, incluindo fotos feitas durante a simulação.

P1. Ao percorrer o ambiente virtual você conseguiu identificar facilmente as instalações?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

P2 Os prédios e o terreno do ambiente virtual se assemelham ao do ambiente real?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

P3 O local de trabalho está reproduzido de forma adequada no ambiente virtual?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

A seguir as figuras 44 (a) e (b) mostram os agentes percorrendo o ambiente virtual com o avatar. É possível ver a semelhança existente entre o posto 3 da vigilância real e o criado virtualmente.

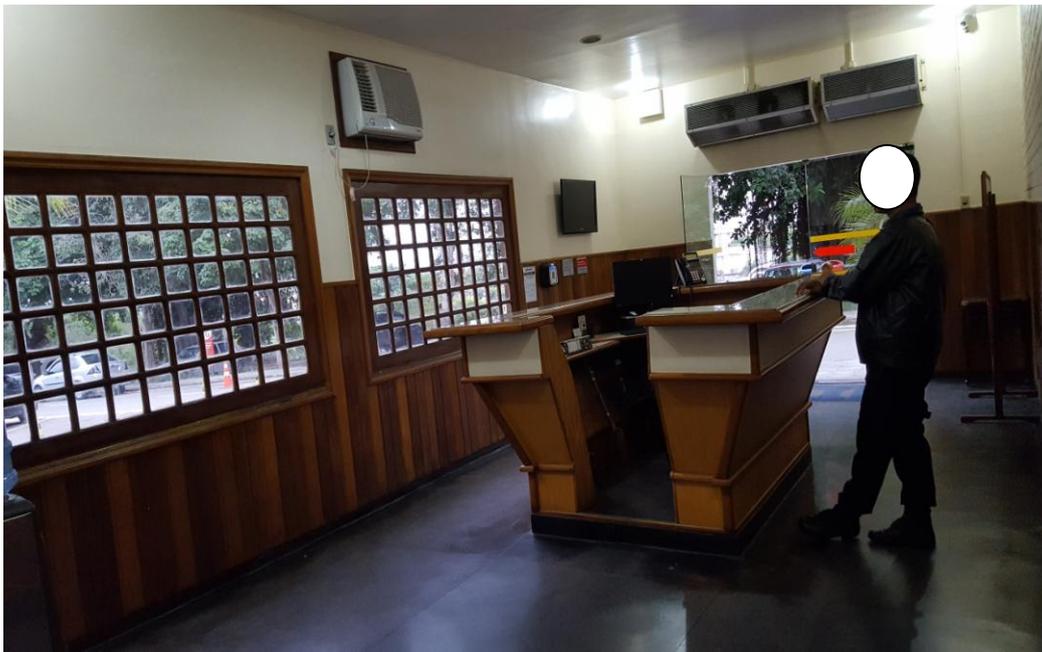


Figura 44 (a). posto 3 da vigilância real



Figura 44 (b). posto 3 da vigilância virtual (personagem colocar)

Neste mesmo contexto a figura 45 (a) mostra o posto de vigilância 4 que é responsável pelo acesso a área interna do IEN. E o e 45 (b) sua reprodução virtual.



Figura 45 (a). posto de vigilância 4 real



Figura 45 (b). posto de vigilância 4 virtual

O posto 4 também conhecido como portaria dois é destinado à entrada de funcionários e colaboradores. As figuras 46 (a) e (b) mostram respectivamente uma foto da posto 4 e este desenvolvido no cenário virtual.



Figura 46 (a) - Foto da portaria secundária do IEN



Figura 46 (b) - Portaria secundária na representação virtual.

O posto de vigilância do estacionamento também foi reproduzido de forma virtual, pois é um ponto estratégico onde os vigilantes fazem sua patrulha. Na figura 47 (a) e (b) podemos ver o posto de vigilância real e sua representação virtual, respectivamente.



Figura 47 (a) estacionamento



Figura 47 (b) estacionamento virtual

## 5.2 Proposição de Atividades dentro do Ambiente Virtual.

Nesta etapa foram realizadas atividades dentro do ambiente virtual onde os agentes teriam que realizar procedimentos específicos e o ergonômista acompanhava esses procedimentos. Ao final das atividades, realizadas no ambiente virtual, os agentes de segurança e o profissional de ergonomia foram submetidos a um questionário para avaliar o ambiente virtual construído.

### 5.2.1 Atividade 1 - Troca de Postos

**OBJETIVO 1:** verificar se a comunicação que é feita entre eles no ambiente real pode ser simulada no virtual (através de headset);

**OBJETIVO 2:** verificar se o tempo de deslocamento do avatar (personagem) entre um posto de trabalho e outro e comparar com o real;

A seguir podemos observar as perguntas feitas aos agentes A e B, através de questionário e as respostas obtidas. As perguntas relativas a atividade 1 foram representadas a partir da P4 (pergunta 4) até P9 (pergunta 9) e foram representadas a seguir.

P4. A comunicação feita entre os vigilantes no ambiente real conseguiu ser reproduzida no ambiente virtual através de microfone e fone de ouvido?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

P5. Essa comunicação foi de fácil realização?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente



Figura 48 comunicação por headset

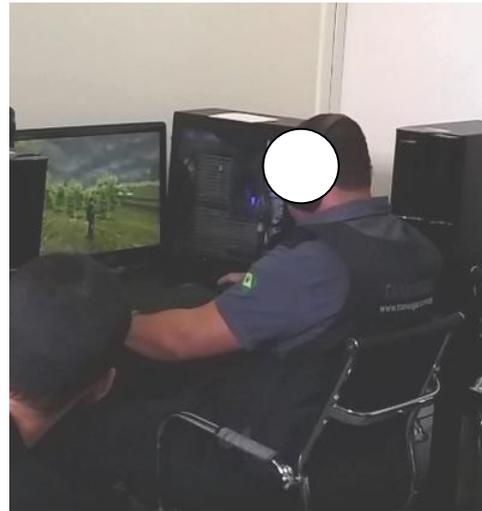


Figura 49 comunicação por headset

P6. Você considera que o avatar (boneco virtual) se deslocou de modo semelhante à sua movimentação no ambiente real durante as trocas de postos?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

As Simulações de deslocamento entre os postos 3 e 4 foram feitas para comparar o ambiente virtual e o ambiente real. A figura 50 mostra a representação dos postos 3 e 4.



Figura 50. postos 3 e 4

A tabela 3 representa os tempos durante o percurso do trajeto 3 até o 4 caminhando. Onde a simulação 1 significa o vigilante saindo do posto 3 e indo em direção ao 4 e a simulação 2 o vigilante indo do posto 4 até o 3.

Tabela 3 - Ações, Tempo Real, Tempo das Simulações, Tempo Médio das Simulações

Ação		Simulação 1 (segundos)	Simulação 2 (segundos)	Tempo Médio das Simulações (segundos)
Caminhando	Real	110,8	107,6	109,2
	Virtual	105,6	103,1	104,35
Correndo	Real	48,7	45,9	47,3
	Virtual	35,5	34,6	35,05

### 5.2.2 Atividade 2 - Ronda

A segunda atividade foi denominada "Ronda", ela consiste em realizar uma simulação com multiusuários onde o vigilante irá utilizar o ambiente virtual para realizar o mesmo procedimento de 'ronda' e vigia que é feito no ambiente real.

A avaliação desta atividade foi feita através do questionário e foram representados pelas perguntas P10 (pergunta 10) até a P12 (pergunta 12). A seguir foram descritas as perguntas e as respostas obtidas pelos agentes de segurança e pelo ergonomista

P10. O procedimento de ronda que é realizado no ambiente de trabalho pode ser feito e reproduzido no ambiente virtual?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

P11. Durante o procedimento de ronda no terreno virtual foi possível identificar situações que deveriam ser reportadas ao superior?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

P12. O procedimento feito no ambiente virtual foi bem parecido com o que é feito no ambiente real?

Agente A: concordo totalmente

Agente B: concordo totalmente

PE: concordo totalmente

Abaixo as figuras 51 (a), (b) e (c) foram feitas durante a simulação dos agentes A e B e representaram a ronda realizada no ambiente virtual.



figura 51 (a). vigia durante a ronda no estacionamento



Figura 51 (b). vigia durante a ronda no estacionamento



Figura 51 (c): Ronda realizada no prédio central

## Capítulo 6 Análise dos Resultados

Com base nos resultados obtidos através das simulações podemos afirmar que ambiente virtual desenvolvido foi reproduzido com fidelidade, em comparação ao ambiente real. Os agentes de segurança e o ergonômista que participaram da simulação conseguiram identificar facilmente todas as instalações e prédios representados no ambiente virtual, além do terreno e o relevo.

Durante as simulações foi possível observar que o ambiente virtual construído deixava os vigilantes animados, pois a semelhança com o real os impressionava, dando a eles a sensação de estarem no ambiente real e ao mesmo tempo sabiam que não corriam nenhum tipo de risco ao realizar suas atividades no ambiente virtual. Para o ergonômista foi importante ver que os agentes conseguiam desempenhar suas atividades dentro do ambiente virtual, pois desta forma ele poderia avaliar como os agentes trabalhavam.

A iluminação feita no ambiente virtual conseguiu representar com fidelidade a iluminação do ambiente real. Foi possível representar também a falta de iluminação, uma das grandes queixas dos vigilantes, pois quando a simulação acontecia em “modo noturno” (modo noturno foi a simulação feita a noite, dentro do ambiente virtual) onde os agentes de segurança andavam pelas instalações e tinham dificuldade de enxergar todo o terreno virtual, o que também acontecia no ambiente real, por isso a semelhança era grande. O ergonômista conseguiu ter a mesma impressão que teve no ambiente real, ao realizar a Análise Ergonômica, pois ele conseguiu ver a dificuldade que os agentes de segurança tinham durante o trabalho noturno.

Durante as simulações os agentes conseguiram se comunicar perfeitamente através de Headset, reproduzindo de forma análoga a comunicação através de rádios comunicadores utilizados no ambiente real. Para os vigilantes o procedimento de vigia e de ronda realizados durante a sua rotina de trabalho conseguiu ser representada de forma semelhante no ambiente virtual, tanto no que diz respeito ao procedimento quanto ao tempo. Durante as simulações eles conseguiram realizar todo o procedimento de forma perfeita, utilizando a comunicação por headset para simular o radio comunicador conseguiram se comunicar perfeitamente. Realizaram a troca de postos da mesma maneira que fazem no ambiente real a semelhança com o real impressionava.

O profissional de ergonomia achou que o sistema tem potencial para auxiliar durante uma Análise Ergonômica. Ele pode acompanhar as atividades realizadas pelos agentes de segurança no ambiente virtual e verificou que os procedimentos feitos foram semelhantes ao que haviam sido feitos no ambiente real.

## Capítulo 7 Conclusão

Esta dissertação propôs criar e verificar se a utilização da Realidade Virtual pode auxiliar a Análise Ergonômica do Trabalho, desenvolvendo cenários e ambientes virtuais de simulação, contextualizados pela perspectiva da Ergonomia.

Sendo assim, o primeiro objetivo foi percorrer o ambiente virtual com objetivo de validação do grau de fidelidade Virtual x Real e extrair a percepção dos agentes de segurança e do profissional de ergonomia quanto o grau de realismo do ambiente virtual em comparação ao real. Por último, foram realizadas atividades dentro do ambiente virtual onde os agentes teriam que realizar procedimentos específicos e seriam acompanhados pelo ergonomista. Ao final das atividades, realizadas no ambiente virtual, os agentes de segurança e o ergonomista foram submetidos a um questionário para avaliar o ambiente virtual construído.

Para esse fim, mensurou-se o grau de realismo do ambiente construído por meio de comparações de proporções e análises de tempos de deslocamentos. Em um primeiro momento o vigilante percorria (por meio de um avatar) o ambiente virtual construído com objetivo de realizar a comparação da instalação e seus prédios virtuais (visão de câmera) com o ambiente real (fotos). Observou-se que as proporções do ambiente real e dos objetos nele inseridos em relação aos seres humanos foram equivalentes as proporções dos avatares inseridos no ambiente. Esta aferição pautou-se na comparação de imagens e cenas reais reproduzidas virtualmente, que preservaram a equivalência em suas dimensões.

Medições de tempo de deslocamento foram utilizadas como parâmetro em trajetos realizados no IEN e foram avaliadas as velocidades imprimidas pelos avatares

ao deslocar-se no ambiente virtual. Para este fim foi realizado o mesmo trajeto no ambiente virtual e real e, ao compará-los, observou-se que os tempos reais e virtuais foram bem próximos.

Sendo assim, os resultados alcançados na avaliação quanto à qualidade da reprodução permitiram concluir que a ferramenta de Realidade Virtual utilizada para modelar o cenário virtual e interagir com o mesmo foi capaz de reproduzir o ambiente real, indicando boa semelhança entre o modelo virtual e um ambiente real.

No procedimento de troca de postos e ronda os vigilantes realizaram o mesmo procedimento de troca de postos e ronda que realizam no dia a dia de sua atividade. Estes procedimentos foram realizados no ambiente virtual, no qual a comunicação e a interação entre eles, mesmo não estando em proximidade física, foram enormes. Os próprios vigilantes acharam a ferramenta bastante útil para se realizar treinamentos. Para possibilitar esta avaliação de estratégias em diferentes cenários, no sistema aqui desenvolvido, foram inseridos diferentes controles para ajuste de configuração do ambiente virtual, como variação de condições meteorológicas, alteração de iluminação real e artificial e diferentes ângulos de observação do sistema, utilizando câmeras de vigilância. Desta forma, assim como ocorre em treinamentos e simulações reais, torna-se possível avaliar a reação dos agentes de segurança diante de situações e condições adversas.

Para o ergonomista que acompanhou as simulações os resultados obtidos foram comparados aos resultados que da Análise Ergonômica feita no ambiente real. O mesmo descreveu que a ferramenta tem a capacidade de ajudar em uma Análise, pois ela é de fácil manuseio, ela pode ser utilizada em ambiente controlado possibilitando uma análise maior das atividades dos agentes de segurança e acima de tudo através desta

ferramenta é possível inserir no ambiente virtual variações no sistema fazendo com que a reação do trabalhador a determinada situação seja diferente.

Sendo assim, os resultados alcançados na avaliação quanto à relevância da reprodução permitiram concluir que as situações reproduzidas por meio da ferramenta de realidade virtual têm potencial para serem utilizadas para auxiliar a Análise Ergonômica do Trabalho, desenvolvendo cenários e ambientes virtuais de simulação, contextualizados pela perspectiva da Ergonomia.

Finalmente, pelos resultados apresentados, o trabalho atingiu seu propósito, que foi verificar que Realidade Virtual pode servir como ferramenta complementar para auxiliar o ergonomista durante uma Análise Ergonômica possibilitando que ele utilize a ferramenta para diminuir riscos, economizando tempo e melhorando seu rendimento.

Para poder dar continuidade a pesquisa seguem aqui recomendações para trabalhos futuros:

1. Realizar a modelagem das edificações existentes no Instituto de Engenharia Nuclear, permitindo a realização do deslocamento dentro dos ambientes fechados.
2. Modelar ao redor do Instituto de Engenharia Nuclear, como vias de acesso, demais construções existentes na Ilha do Fundão, etc., possibilitando avaliações de segurança no que concernem tentativas de acesso indevido ao terreno do sítio, rotas de fuga de possíveis invasores, etc.
3. Realizar testes com agentes de segurança, funcionários (servidores) e ergonomistas, para que seja simulado no ambiente uma situação de dia a dia onde o

ergonomista se locomoveria através do avatar e verificaria toda a tarefa realizada pelos funcionários.

4. Desenvolver de um sistema de avaliação que permita mensurar a qualidade das ações de cada personagem inserido nas simulações, de acordo com cada objetivo proposto e verificando as metas atingidas.

6. Realizar simulações com os seguranças no ambiente virtual, fazendo uma análise cognitiva mais profunda para verificar quais as piores coisas relacionadas a essa função de vigilantes.

7. Utilizar novas técnicas de Realidade Virtual, para compor o sistema como por exemplo:

- Oculus rift

- Beenoculus

- Leap Motion

- Telas touch screen

Todavia essas sugestões seriam grandes contribuições tecnológicas principalmente pelo fato de juntar a realidade virtual com métodos consagrados das diferentes áreas da engenharia.

## Capítulo 8 Referências Bibliográficas

ABRAHÃO, J; SILVINO, A. Introdução a Ergonomia – Da Prática a Teoria. 1ed. Edgard Blucher, 2009.

AUGUSTO, S. C.; MÓL, A. C. A.; JORGE, C. A. F., et al. Use of virtual reality to estimate radiation dose rates in nuclear plants. International Atlantic Conference – INAC 2007, Santos, São Paulo, Brasil, Outubro 2007.

AUGUSTO, S; MOL, A ; JORGE, C ; COUTO, P ;; CUNHA, G ; LANDAU, L . Virtual environments simulation for dose assessment in nuclear plants. Progress in Nuclear Energy, v. 51, p. 382-387, 2009.

AUTODESK. Guia Oficial 3ds Max. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier - Campus, 2010.

BLACKMAN, S. Beginning 3D Game Development with Unity 4: All-in-one, multi-platform game development. Nova Iorque: Apress Academic, 970p, 2011.

BONFATTI, R. J. Bases Conceituais para o Encaminhamento das Interações Necessárias à Análise Ergonômica do Trabalho. Tese de D.Sc.,COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

BURDEA, G. C.; COIFFET, P. Virtual Reality Technology. 2. ed. Nova Jérsei: Wiley-IEEE Press, 2003.

CALCIOLARI, F. 3ds Max 2012 - Modelagem, Render, Efeitos e Animação. 1. ed. São Paulo: Erica, 2011.

COUTO, H. A., Como implantar Ergonomia na empresa; a prática dos comitês de Ergonomia. Belo Horizonte: Ergo, 2002.

COUTO, H. A. Ergonomia aplicada ao trabalho; o manual técnico da máquina humana. 2v. Belo Horizonte. Ergo, 1995.

DUARTE, F. A análise ergonômica e a determinação de efetivos: estudo da modernização tecnológica de uma refinaria de petróleo no Brasil. 1994. Tese

(Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

DUL, Juan; WEERDMEEESTER, B. Ergonomia Prática. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

FRANCIS, G. A.; TAN, H. S. Virtual Reality as a training instrument. The Temasek Journal, ,1999.

GAHAN, A. 3ds Max Modeling For Games. 2. ed. Waltham: Focal Press, 2011.

GATTO, L. B. S. Realidade virtual aplicada na avaliação ergonômica de salas de controle de plantas nucleares. 121 f. Dissertação (mestrado em Ciência em Engenharia Nuclear), Instituto de Engenharia Nuclear, Rio de Janeiro, 2012.

GOEBBELS, G.; LALIOTI, V.; GÖBEL, M. Design and evaluation of team work in distributed collaborative virtual environments. ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Osaka, Japão, 2003.

GOLDSTONE, W. Unity 3.x Game Development Essentials. 2. ed. Nova Iorque: Packt Publishing, 2011.

GRUPO ERGO&AÇÃO. Fundamentos da Ergonomia. 2014.

HAGUENAUER, C.; CUNHA, G. G.; FILHO, F. C. Realidade Virtual Aplicada ao Ensino. 1. ed. Curitiba: EDITORA CRV, 2011.

HARPER, J. Mastering Autodesk 3ds Max 2013. Camp Hill: Sybex, 2012.

IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1992.

JAN, D.; WENERMEEESTER, B. Ergonomia prática. São Paulo: Edgar Blucher, 2008.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Realidade Virtual e Aumentada Conceitos, Projeto e Aplicações. Mostra de Produtos e Protótipos de RV e RA – IX Symposium on Virtual and Augmented Reality – SVR, 2007.

KYAW, A. S.; PETERS, C.; SWE, T. N. Unity 4.x Game AI Programming. Nova Iorque: Packt Publishing, 2013.

LOUKA, M. N.; GUSTAVSEN, M. A.; EDVARDBSEN, S.; OLSEN, A.; RINDAHL, G. The Halden Viewer, A Tool for Virtual Walkthrough, Annotation, Radiation Visualisation, and Dose Evaluation (HWR-803). Halden, Norway: OECD Halden Reactor Project, 2005.

MACHADO, D. M.; VIDAL, M. C. R. ; CARVALHO, P. V.R.; COTELLI, A. ; GALVÃO, D. ; MÓL, A. C. A.; Use Dosimetry Virtual Tool for Security Studies Physics and Nuclear. Procedia Manufacturing, v. 3, p. 1765-1771, 2015.

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C.; Ergonomia trabalho adequado e eficiente. Rio de Janeiro: Elsevier/Abepro, 2011.

MELO, R. C. - Estudo de pressupostos tecnológicos e cognitivos para aperfeiçoamento de laboratórios virtuais e ambientes colaborativos virtuais para radiofarmácia – Tese de Doutorado, IPEN, 2009.

MÓL, A. C. A.; JORGE, C. A. F.; COUTO, P. M.; Estudo do Uso de Núcleos de Jogos na Criação de Ambientes Virtuais para Suporte ao Planejamento de Evacuação de Prédios e Circulação em Áreas Sujeitas a Radiação; Mostra de Produtos e Protótipos de RV e RA – IX Symposium on Virtual and Augmented Reality – SVR; 2007.

MÓL, A. C. A.; JORGE, C. A. F.; COUTO, P. M.; AUGUSTO, S. C., CUNHA, G. G.; LANDAU, L. Virtual Environments Simulation for Dose Assessment in Nuclear Plants. Progress in Nuclear Energy, 2008.

MOL, D. M.; HENRIQUE DA S.M. ; COTELLI, A. E. S; MARINS, E. R ; LEGEY, A. P. S.; MOL, A. C. A.. Using virtual reality to support the physical security of nuclear facilities. Progress in Nuclear Energy (New Series), v. 78, p. 19-24, 2015.

RODRIGUES, L. C.; LOPES, R. A. S. P. ; MUSTARO, P. N. . Impactos sócio culturais da evolução dos jogos eletrônicos e ferramentas comunicacionais: um estudo sobre o desenvolvimento de comunidades virtuais de jogadores. In: VI Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment, 2007,

SANTOS, Neri dos, and Francisco Fialho. "Manual de análise ergonômica do trabalho." Curitiba: Gênese 2 , 1997.

SCHENINI, P. C.; NEUENFELD, D. R.; ROSA, A. L. M. .. O gerenciamento de riscos no transporte de produtos perigosos. In: SIMPEP, 13., 2006, Bauru: Anais, 2006. p. 1 - 12. Disponível em: . Acesso em: 16 maio. 2016.

SCHLEMMER, E. BACKES, L. Metaverso: novos espaços para a construção do conhecimento. Diálogo Educacional – Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação da PUCPR. Curitiba, 2008.

STANNEY, K. M. Handbook of virtual environments: design, implementation and applications. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2002.

TINOCO, F. P.; AS Dificuldades Encontradas na Atividade Consultiva de Ergonomia no Brasil, Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2010.

TRENHOLME, D.; SMITH, S. P. Computer Game Engines for Developing First-Person Virtual Environments. Virtual Reality 12, 181 – 187. 2008.

VIDAL, M. C. R. Introdução à Ergonomia. Pós-graduação Lato Sensu. Rio de Janeiro, 2000.

VIDAL, M. C. R.; Introdução à ergonomia. Rio de Janeiro: CESERG/COPPE/UFFJ, 2004. Apostila de curso de especialização em Ergonomia contemporânea.

VIDAL, M. C. R. Ergonomia na empresa: útil, prática e aplicada. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2002.

VOSHELL, M. G. (2009). Planning Support for Running Large Scale Exercises as Learning Laboratories. The Ohio State University.

WISNER, A., Por dentro do trabalho: ergonomia: método & técnica. Tradução Flora Maria Gomide Vezzà. São Paulo: FTP Oboré, 1987.

XI, C.; WU, H.; JOHER, A.; KIRSCH, L.; LUO, C. 3-D Virtual Reality for Education, Training and Improved Human Performance in Nuclear Applications. Nuclear Plant Instrumentation, Controls, and Human Machine Interface Technology. Knoxville, Tennessee, 2009.