

**SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA - SOCIESC
INSTITUTO SUPERIOR TUPY - IST**

GUILHERME HENRIQUE DE OLIVEIRA

**PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA AUXÍLIO E ESTÍMULO NA PRÁTICA DE
ALONGAMENTOS CORPORAIS**

Joinville

2013/1

GUILHERME HENRIQUE DE OLIVEIRA

**PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA AUXÍLIO E ESTÍMULO NA PRÁTICA DE
ALONGAMENTOS CORPORAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Superior Tupy - IST, como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel de Sistemas de Informação, sob a orientação do professor Paulo Rogério Manseira.

Orientador: Paulo Rogério Manseira

Joinville

2013/1

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam que podem mudar o mundo através da programação. Que as informações contidas nesse projeto contribuam ou inspirem um curioso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa pela paciência durante o desenvolvimento do projeto, que abdicou de minha atenção por certo tempo. Aos meus colegas e professores pelo conhecimento compartilhado, atenção e prestabilidade a qualquer hora.

O sucesso torna as pessoas modestas, amigáveis e tolerantes;
é o fracasso que as faz ásperas e ruins.

WILLIAM MAUGHAM

RESUMO

A sociedade moderna demanda cada vez mais agilidade em tarefas do dia-a-dia e na prática de exercícios físicos. A busca por objetividade oferece um crescimento exponencial para as academias de ginástica. Em contrapartida, o acompanhamento especializado aos clientes, em especial, o processo de alongamento antes da série de exercícios, demonstra falhas, uma vez que, o número de profissionais responsáveis pela orientação, não é suficiente para suprir a demanda. O objetivo do presente projeto é, então, desenvolver um protótipo de sistema computadorizado que auxilie o usuário durante a etapa de alongamento por meio de um conjunto de tecnologias computacionais, a fim de garantir que uma série de exercícios não comprometa a sua integridade física. Para atingir esse objetivo, adota-se a pesquisa de caráter exploratório e descritivo. Como estratégia será elaborada uma pesquisa bibliográfica sobre aspectos de saúde e questões tecnológicas, em livros, artigos científicos, dissertações de mestrado e experiências aplicadas, para dar embasamento ao tema. Dentro desse contexto, busca-se então, detalhar as ferramentas e técnicas utilizadas no desenvolvimento, bem como, os resultados obtidos nos testes, em ambiente simulado, do protótipo.

Palavras-chave: alongamento, visão computacional, Kinect®.

ABSTRACT

Modern society increasingly demand agility tasks of day-to-day and physical exercise. The search for objectivity provides an exponential growth for gymnastics gyms. In contrast, specialized monitoring to customers, in particular the process of stretching exercises before the series, has committed itself, since the number of professionals responsible for the guidance, it is not enough to meet demand. The objective of this project is therefore to develop a prototype computer system that assists the user during the elongation step through a set of computational technologies in order to ensure that a series of exercises do not compromise their physical integrity. To achieve this goal, we adopt the research exploratory and descriptive. Strategy will be prepared as a literature search on health aspects and technological issues in books, journal articles, dissertations and applied experiences, to give foundation to the subject. Within this context, we seek to detail the tools and techniques used in development, as well as the simulation results of the prototype.

Keywords: stretching, computer vision, Kinect®.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Técnicas de Alongamento	17
Figura 2 — Alongamento das Costas	19
Figura 3 — Alongamento do Pescoço	19
Figura 4 — INTERA	20
Figura 5 — Reflexion Rehabilitation Measurement Tool (RMT)	21
Figura 6 — Evolução das Interfaces Gráficas	24
Figura 7 — Nike+ Kinect Training, jogo de ginástica para Xbox	26
Figura 8 — Fotos do Dispositivo Kinect	28
Figura 9 — Pontos do Esqueleto Virtual	29
Figura 10— Exemplo de Limiarização	31
Figura 11— Área de Captura Kinect	34
Figura 12— Seleção de Elementos	35
Figura 13— Fluxograma	36
Figura 14— Tela Principal	39
Figura 15— Processo de Alongamento	39
Figura 16— Montagem de Telas	41
Figura 17— Animação de Personagem	41
Figura 18— Instrutor Monstro	44
Figura 19— Componentes Superiores	44
Figura 20— Efeito de Resposta	45
Figura 21— Tela Principal Final	46
Figura 22— Tela de Alongamento Final	46
Figura 23— Reconhecimento de Posição 1	47
Figura 24— Reconhecimento de Posição 2	48

LISTA DE SIGLAS

ACID Atomicity, Consistency, Isolation, Durability

CLI Command Line Interface

CRT Cathode Ray Tube

DOS Disk Operating System

FPS Frames per Second

GUI Graphical User Interface

IDE Integrated Development Environment

IHC Interação Homem-Computador

IHRSA International Health, Racquet & Sportsclub Association

LxCxP Linha x Coluna x Profundidade

Memex Memory Extension

MIT Massachusetts Institute of Technology

NSL oN-Line System

NUI Natural User Interface

OMS Organização Mundial de Saúde

PARC Palo Alto Research Center

RGB Red Green Blue

RMT Reflexion Rehabilitation Measurement Tool

SDK Software Development Kit

SGBD Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

SQL Structured Query Language

UML Unified Modeling Language

MER Modelo Entidade-Relacionamento

XAML eXtensible Application Markup Language

XML eXtensible Markup Language

WPF Windows Presentation Foundation

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 SAÚDE	15
2.1 ACADEMAIS DE GINÁSTICA	16
2.2 ALONGAMENTO CORPÓREO	16
2.3 POSIÇÕES APLICADAS	18
2.3.1 Posição 1 - Alongamento das Costas	18
2.3.2 Posição 2 - Alongamento do Pescoço	19
2.4 TRABALHOS RELACIONADOS	20
2.4.1 INTERA	20
2.4.2 RMT	21
3 VISÃO COMPUTACIONAL	22
3.1 INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR	23
3.1.1 Command Line Interface (CLI)	24
3.1.2 Graphical User Interface (GUI)	24
3.1.3 Natural User Interface (NUI)	26
3.2 DISPOSITIVO DE CAPTURA	27
3.3 MAPEAMENTO CORPÓREO	28
3.4 PROCESSAMENTO DE IMAGENS	30
3.4.1 Segmentação de Fundo	30
4 ANÁLISE E PROJETO	33
4.1 AMBIENTE DE CAPTURA	33
4.2 METODOLOGIA DE INTERAÇÃO	34
4.3 FLUXOGRAMA	34
4.4 REQUISITOS	35
4.4.1 Requisitos Funcionais	37
4.4.2 Requisitos Não-Funcionais	37
4.5 PROTÓTIPOS DE TELA	38
4.5.1 Tela Principal	38
4.5.2 Processo de Alongamento	40
4.6 FERRAMENTAS	40
4.6.1 Visual Studio 2012	40
4.6.2 Microsoft Blend	42
5 RESULTADOS E TESTES	43
5.1 INSTRUTOR VIRTUAL	43
5.2 STATUS DO DISPOSITIVO E ACOMPANHAMENTO	43

5.3 RESPOSTA DE INTERAÇÃO	45
5.4 TELAS FINAIS	45
5.5 TESTES DE ALONGAMENTO	47
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A receptividade da sociedade moderna para com invenções tecnológicas vem aumentando exponencialmente o uso de dispositivos inovadores que facilitam, automatizam ou auxiliam em tarefas comuns do dia-a-dia. Motivadas pelos consumidores mais exigentes, que demandam produtos inteligentes, empresas de variados portes e áreas de atuação, investem em pesquisa e desenvolvimento com o objetivo de acrescentar valor à seus produtos (SILVA; PESTANA, s.d).

Uma dessas invenções foi desenvolvida pela Microsoft em novembro de 2010, o dispositivo denominado Kinect, inicialmente chamado de Projeto Natal, foi elaborado para a indústria de jogos, uma das maiores do mundo, com movimentação média de sessenta bilhões de dólares por ano (CRAWFORD, 2010). As expectativas de vendas e aceitação de mercado foram além do esperado, em pouco tempo a capacidade do dispositivo de reconhecimento de movimentos começou a ser explorada entre os desenvolvedores de sistemas, levando à criação de aplicações que foram além do ramo de entretenimento. Atenta às aplicações do aparelho para outros fins, a empresa apresentou ao mercado um Software Development Kit (SDK) acompanhado de uma nova versão do dispositivo, voltada integralmente à criação de sistemas.

Ao longo do que foi descrito, é possível afirmar que, em contrapartida à evolução tecnológica, existe uma tendência de que as pessoas apresentem uma vida mais sedentária, que demanda mais agilidade e simplicidade na execução de tarefas. A troca de caminhadas, escadas e filas por horas em frente ao computador, compromete a qualidade de vida e coloca em risco a saúde de milhões de pessoas ao redor do mundo. A grande aliada da sociedade moderna é a academia, que possibilita aos praticantes manter o condicionamento físico de forma ágil e efetiva (BAGGIO, 2010).

Assim, é facilmente verificável o aumento na procura por academias de ginástica, visando manter o condicionamento físico de forma performática. A população preocupada com o sedentarismo e a obesidade encontra nas academias o caminho para uma vida mais saudável, o que segundo o relatório da International Health, Racquet & Sportsclub Association (IHRSA) em 2012, torna o Brasil o segundo país com maior número em academias do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos. Todavia, os fornecedores passaram a ter dificuldades no atendimento com qualidade dessa demanda, tornando inviável a quantidade de profissionais capacitados necessários para auxiliar a etapa de alongamento corporal e a execução da sessão de exercícios.

Durante o ciclo de ginástica na academia, a fase de alongamento é importante para preparação dos músculos para as cargas decorrentes das séries de exercícios, reduzindo riscos de entorse articular e lesão muscular (COHEN; ABDALLA, 2002). A falta de acompanhamento técnico especializado nessa etapa leva os clientes a assumirem essa responsabilidade e, assim, colocarem em risco a saúde, o que motiva o seguinte questionamento: Como auxiliar e estimular

o cliente de uma academia a executar o alongamento através de um aparelho computadorizado, sem a necessidade de um profissional especializado?

A abordagem deste tema é de extrema relevância, uma vez que a maioria das academias de ginástica apresentam dificuldades para suprir com qualidade a demanda de clientes. Ademais, tecnologias inovadoras encontram-se em evidência, motivadas por empresas de grande porte que investem em novas formas de agregar valor a seus produtos e serviços. Da mesma forma, pode-se dizer ainda que o desenvolvimento de um sistema que auxilie o processo pré-exercícios se faz oportuno, partindo do princípio que o alongamento corporal, executado através de técnicas bem definidas, viabiliza a série de exercícios sem riscos de lesões. Sendo assim, o uso de um sistema computadorizado que incorpora tais técnicas, visando guiar o usuário na execução deste procedimento sem a necessidade de um profissional especializado, agrega ao negócio maior inteligência e disponibilidade, bem como, ao cliente, maior segurança e atenção na prática de exercícios físicos.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um protótipo de sistema computadorizado que auxilie o usuário durante a etapa de alongamento por meio de um conjunto de tecnologias computacionais, a fim de garantir que uma série de exercícios não comprometa a sua integridade física. Para atingir esse objetivo, formularam-se os seguintes objetivos específicos: conceituar elementos da área de saúde; analisar os exercícios mais utilizados durante o alongamento; analisar ferramentas e técnicas para utilização do Kinect; desenvolver um protótipo de *software* para auxiliar e estimular o alongamento; aplicar o protótipo em um ambiente de simulação.

No presente trabalho adota-se a pesquisa de caráter exploratório e descritivo. Como estratégia será elaborada uma pesquisa bibliográfica sobre aspectos de saúde e questões tecnológicas, em livros, artigos científicos, dissertações de mestrado e experiências aplicadas, para dar embasamento ao tema. A fim de aplicar os conhecimentos adquiridos, será desenvolvido um protótipo direcionado às academias, buscando demonstrar, por meios tecnológicos, as vantagens de automatizar o acompanhamento do processo de alongamento corporal.

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro, é mostrada uma visão geral do trabalho, o que gerou o questionamento da pesquisa, a relevância do tema, o objetivo geral, os objetivos específicos e a metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo. O segundo capítulo apresenta os principais pontos relevantes com relação a saúde e alongamento corporal. O capítulo seguinte aborda a visão computacional, conceito chave que visa embasar a parte de reconhecimento do mundo externo por parte de dispositivos eletrônicos. O quarto capítulo traz o detalhamento da solução utilizando o dispositivo Kinect, apresentando o uso de algoritmos para reconhecimento de posições e colocando em prática a aplicação em um ambiente simulado. Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho, suas contribuições e sugestão de trabalhos futuros.

2 SAÚDE

É importante ressaltar que a saúde é um conjunto de estado mental e físico, que precisa de cuidados constantes. O conceito de saúde apresentado em 1948 pela Organização Mundial de Saúde (OMS): "Saúde não é apenas a ausência de doença, mas a situação de perfeito bem-estar físico, mental e social", é questionado por Segre e Ferraz (1997), uma vez que o estado de perfeição é utópico e intangível.

Colocando em risco a saúde mental e física, encontramos um cotidiano sugestivo à comodidade, Baggio (2010) ressalta que a forma do homem interagir com o mundo proporciona uma vida mais sedentária e estressante. Esse fato se agrava proporcionalmente, à medida que centralizamos as tarefas em dispositivos que não demandam baixo esforço físico, e muito esforço mental. O simples fato de não andarmos mais até uma agência bancária, e executarmos as operações todas via internet, não nos locomovermos a reuniões, e elaborarmos videoconferências, são exemplos de situações em que abrimos mão do esforço físico.

A importância dessas pequenas atividades é respaldada por Blair e Morris (2009) através de um estudo com trabalhadores britânicos, onde é apontado o fato de que homens que sobem em média 50 degraus por dia ou andam mais de cinco blocos de uma cidade, têm uma associação menor com a incidência de ataques cardíacos.

Verifica-se, ainda, de acordo com Baggio (2010), que a prática de exercícios regulares proporciona melhor execução de tarefas usuais, aumento de disposição e diminuição consideravelmente do risco de doenças. Portanto, é correto afirmar que a prática de exercícios não consome tempo, pois todo o tempo investido será recuperado ao fim da vida. Soma-se, ainda, a contribuição para um dia-a-dia com melhor percepção corpórea, mais autoestima e autoimagem, melhora das funções cognitivas, entre outros fatores que somente corroboram para uma vida saudável.

Partindo da apresentação dos fatos até aqui, que em sua maioria, são de conhecimento da sociedade moderna, verifica-se, ainda, o alto índice de pessoas acima do peso, sofrendo de doenças ligadas ao sedentarismo. Ghamoum (2009) aponta a falta de tempo, comodismo e dupla jornada de trabalho, como os fatores que mais contribuem para o sedentarismo. Preparar-se para praticar algum esporte ou atividade ao ar livre, demanda certo preparo, equipamento ou mesmo dependência de outros participantes. Nesse contexto, apresentam-se as academias, e a prática de exercícios em um ambiente controlado. Esses espaços têm como objetivo proporcionar um ambiente de fácil acesso e versátil para a prática de séries abrangentes, possibilitando ao usuário exercitar várias partes do corpo em um mesmo lugar, e de forma efetiva, poupando tempo e atingindo resultados.

2.1 ACADEMAIS DE GINÁSTICA

A prática de exercícios, em ambientes que podem ser denominados academias de ginástica, está presente na sociedade desde sua definição. Ramos (1983) aponta que em meados do século VII os nobres frequentavam ambientes destinados a prática de esportes e exercícios. A sociedade moderna abraçou essa cultura e, atualmente, a procura por esses centros de ginástica é cada vez maior.

O relatório da IHRSA apontou que, em 2011, o total de academias no país cresceu 30%, chegando ao número de 24,3 mil em todo o Brasil. Com um lucro estimado de R\$ 2,45 bilhões de reais. Todo esse investimento, afirma que a procura vem crescendo e, para supri-la, Ferreira (2012) estima que com R\$ 50 mil reais é possível abrir uma franquia de grande porte, ou seja, os empreendimentos de academias menores, focadas na população de bairros, pode ser ainda menor.

Em contrapartida ao crescimento exponencial no número de academias, verifica-se um des-caso com o acompanhamento do usuário por um profissional especializado. A presença de um profissional devidamente qualificado, especializado em elaborar uma série de exercícios e acompanhá-los, é nula ou mínima (GENTIL, 2011). Partindo dessa afirmação, encontra-se um ambiente voltado para melhorar as condições físicas dos usuários, que pode funcionar de forma aposta, pois ao executar um exercício de alto impacto muscular, sem a devida preparação ou prática, uma lesão pode colocar em risco a saúde desse praticante.

É com base nesse problema, da falta de orientação ao usuário, mais especificamente no processo de alongamento, que o presente trabalho visa atuar. Elaborando um protótipo que oriente o usuário, garantindo que a série de exercícios após o alongamento diminua os riscos de lesão. Esse sistema é ainda uma alternativa de custo benefício considerável, levando em conta que a substituição de um profissional, que demanda treze salários ao ano, por um sistema automatizado comprado apenas uma vez, é lucrativa.

2.2 ALONGAMENTO CORPÓREO

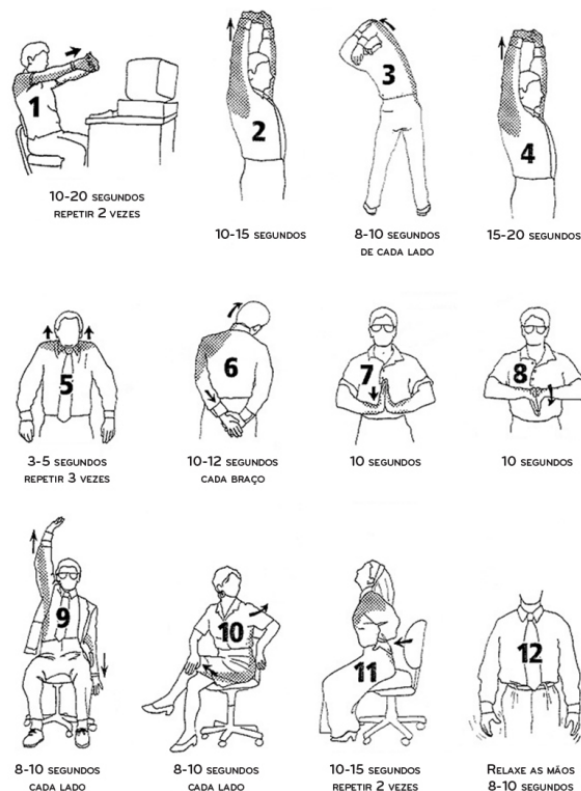
Nussio (2007) aponta: "O alongamento constitui, hoje em dia, a base da preparação de qualquer atividade física.". Desde a Grécia antiga, a população aplicava movimentos comparáveis aos das técnicas aplicadas atualmente. Ainda segundo os estudos da autora, estatuas localizadas na China, com mais de dois mil anos, foram esculpidas em posições que remetem a posições de alongamento.

Usando como referencia Nussio (2007) e Alter (1999), foi estabelecida uma lista de benefícios que as técnicas de alongamento muscular visam proporcionar aos praticantes:

- a) Ampliar o relaxamento físico e mental;
- b) Reduzir o risco de entorse articular ou lesão muscular;
- c) Aumento da mobilidade articular e muscular;
- d) Aliviar dores musculares;
- e) Estimular a lubrificação das articulações;
- f) Diminuir a pressão arterial;
- g) Estimular a circulação sanguínea;
- h) Reduzir a irritabilidade muscular.

A relação de itens, apresentada acima, demonstra a importância do alongamento. Através da união de conceitos da visão computacional a posições de alongamento, é possível guiar o usuário durante a execução de algumas dessas posições. A figura 1 ilustra algumas posições simples, que podem ser executadas em pequenos espaços, mas que apresentam um efeito potencial na saúde de quem os faz.

Figura 1: Técnicas de Alongamento



Fonte: Dínamo Vigilância em Segurança do trabalho (2012)

Mesmo com a quantidade de benefícios elucidados, é necessário que as técnicas de alongamento sejam executadas dentro do escopo de regras elaboradas por um especialista, pois assim como na prática de exercícios de maior intensidade, caso um movimento passe do limite de extensão, podem ocorrer lesões. Sendo assim, visa-se utilizar o sistema para, além de guiar e apresentar o movimento, acompanhar a profundidade do movimento, apresentando de forma simples os limites.

2.3 POSIÇÕES APLICADAS

Devido ao grau de complexidade que os algoritmos de reconhecimento de posições podem atingir, somente duas posições serão tratadas no presente protótipo. Conforme ilustrado na figura 1, são diversas as posições que podem ser executadas para concluir um processo de alongamento. Sendo assim, faz-se necessário a definição de duas posições que serão aplicadas no projeto, seus movimentos serão reconhecidos e analisados pelo protótipo.

Pode-se classificar as posições em níveis de dificuldade, mesmo com grande maioria direcionada para o público geral, existem posições que apresentam dificuldade para pessoas com alguma impedância, como: o peso elevado; doenças que comprometem determinados movimentos (hérnias, escoliose, bursite); a simples falta de prática.

Partindo da classificação elucidada anteriormente, e analisando os níveis definidos por Nussio (2007), o presente trabalho busca, através de posições que exijam pequena capacidade motora e baixo nível de flexibilidade e prática, permitir que os mais diversos usuários utilizem o sistema, sem comprometer sua integridade física ao buscarem atingir os objetivos apresentados pelo sistema.

2.3.1 Posição 1 - Alongamento das Costas

As costas recebem grande parte das cargas de diversos exercícios físicos, mesmo exercícios direcionados para fortificação de outros membros refletem parte da carga nas costas, sendo assim, é importante manter-se preparado para o uso intenso dessa região. Baseado nessa afirmação, apresenta-se o movimento da figura 2.

Segundo Szego (2009), essa posição combate dores nas costas, tornando a área mais flexível e relaxada. Para executar a posição, separam-se as pernas na linha dos ombros, desloca-se o quadril para o lado esquerdo enquanto leva-se o braço esquerdo acima da cabeça. Essa posição deve ser mantida durante 30 a 60 segundos, depois repete-se o procedimento com o lado inverso.

Figura 2: Alongamento das Costas



Fonte: Szego (2009)

2.3.2 Posição 2 - Alongamento do Pescoço

O pescoço pode ser ficar extremamente tenso durante o decorrer do dia, muitas atividades que exigem concentração em um ponto fixo tendem a comprometer essa região, causando dores de cabeça e no corpo, atividades como: o uso do computador; a leitura de documentos; a atenção na linha de produção. Na busca por relaxamento e aumento da flexibilidade dos músculos nessa região, elenca-se uma posição de alongamento do pescoço, ilustrada pela figura 3.

Figura 3: Alongamento do Pescoço



Fonte: Maciel (2013)

Para executar a posição, seguram-se as mãos atrás do corpo, move-se o pescoço para a esquerda até sentir-se a tensão no músculo. A posição deve ser mantida durante 10 a 30 segundos. Repete-se o procedimento para o lado contrário (MACIEL, 2013).

2.4 TRABALHOS RELACIONADOS

Desde o lançamento do dispositivo Kinect, são inúmeros os projetos que destacam-se na área de saúde, partindo de aplicações para interações com imagens dentro da sala de cirurgia, até a reabilitação de pacientes, utilizando conceitos de visão computacional para automatizar o processo de fisioterapia. Segundo Gold (2013), o dispositivo Kinect pode ajudar os Estados Unidos da América a poupar até trinta bilhões de dólares, através da prevenção de infecções hospitalares e redução no número de visitas ao hospital, pois os pacientes podem ser auxiliados a distância.

Devido ao fato de o presente projeto estar relacionado com a área de saúde, e ligado a conceitos de visão computacional, faz-se importante a apresentação de trabalhos relacionados, buscando embasar a escolha do dispositivo como meio de captura, e apresentar as possibilidades presentes no mercado.

2.4.1 INTERA

O aplicativo INTERA, que segundo os criadores sugere a interação entre homem e máquina, é um caso de sucesso desenvolvido pelo departamento de tecnologia da informação dentro do Hospital Evangélico em Londrina, cidade do Paraná.

Utilizando o dispositivo Kinect acoplado a parede em conjunto com um televisor e um computador, segundo o site OLHAR... (2012), o sistema pretende oferecer maior "segurança, agilidade e dinamismo no acesso e movimentação de imagens radiológicas do paciente".

Figura 4: INTERA



Fonte: OLHAR... (2012)

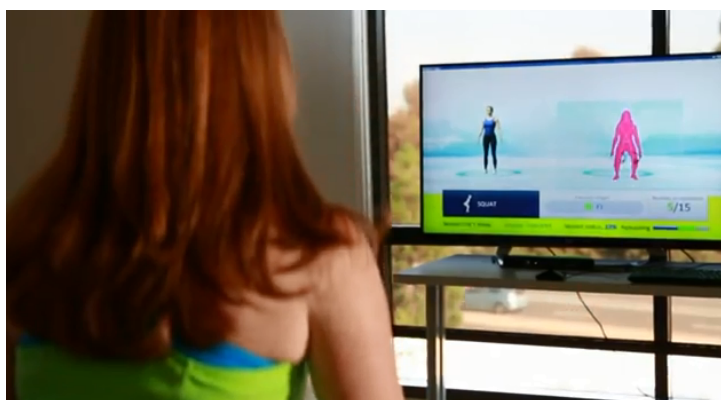
A figura 4 ilustra como o médico, ainda paramentado e estéril, interage com as imagens através de movimentos. Esses movimentos, por sua vez, são reconhecidos pelo Kinect, e os algoritmos do sistema fazem a tradução em determinadas ações.

Esse sistema demonstra que o dispositivo Kinect é capaz de ir muito além da área de entretenimento. Suas aplicações na área de saúde apresentam resultados marcantes, pois o fato de o sistema ajudar na prevenção de contaminação hospitalar, pode salvar inúmeras vidas.

2.4.2 RMT

O West Health Institute é um centro de pesquisa independente, sem fins lucrativos, que busca, reduzir custos na área de saúde, desenvolvendo soluções focadas nos pacientes. O instituto é responsável pelo desenvolvimento da plataforma de interação, entre médico e paciente, denominada RMT. A ferramenta permite ao médico elaborar um treinamento específico para determinado paciente, que pode executar os exercícios de sua residência (DUNCAN, 2012).

Figura 5: RMT



Fonte: Duncan (2012)

A figura 5 demonstra uma estrutura semelhante ao projeto INTERA, citado anteriormente, utilizando televisor, computador e dispositivo Kinect. É importante destacar o uso de um instrutor virtual, responsável por guiar o usuário nos movimentos que devem ser executados. Em tempo real, os algoritmos do sistema detectam e avaliam esses movimentos, encaminhando os resultados ao médico, que por sua vez, tem a disposição dados precisos.

Esse capítulo e o seu conjunto de seções, serviram como alicerce do presente projeto, demonstrando, de forma clara, as dificuldades das academias de ginástica, em fornecer, de forma quantitativa e qualitativa, suporte ao processo de alongamento. Com base nesse problema, buscou-se identificar um conjunto de posições que devem ser tratadas pelo protótipo do sistema. Para entender essas posições, capturando formas do mundo externo e convertendo-as para a linguagem de máquina, é necessário discorrer sobre visão computacional e os elementos que compõem esse vasto segmento da computação.

3 VISÃO COMPUTACIONAL

A sociedade está cada vez mais ligada a computadores e outras formas tecnológicas. Moldamos nossos hábitos e comportamentos em função dessas máquinas, e às utilizamos para os mais variados seguimentos e aplicações. É comum atualmente, nos depararmos com diversas formas de computadores durante tarefas diárias. Uma visita ao restaurante, o abastecimento do carro, a comunicação com os amigos, o consumo de entretenimento, a compra de produtos, a contratação de serviços e muito mais. Esse salto tecnológico apresentado no último século, afirmado por Fonseca Filho (2007), apresentou novas possibilidades para todas as áreas. E a computação, fomentada pelos investimentos dos mais variados setores mercantis, tornou-se base para organizações modernas.

Diversas ferramentas criadas no decorrer dos séculos foram fundamentais para a composição da computação moderna, onde os equipamentos apresentam poder de processamento capaz de executar mais de 40 trilhões de operações de pontos flutuantes por segundo. Estima-se que o ábaco, ferramenta utilizada para resolução de operações aritméticas com até doze dígitos, existiu na babilônia antiga, por volta de 3.000 a.C, e foi utilizado pelas civilizações egípcia, grega, chinesa e romana. No entanto, esse longo período de existência foi explorado com lentidão. Ao longo da história, percebe-se nitidamente que somente no período da década de quarenta, marcado pela Segunda Guerra Mundial, é que foram apresentados grandes passos para uma revolução tecnológica. Os primeiros computadores digitais foram criados, e somada à esta invenção, houve uma explosão de outros conceitos, ideias e tecnologias. Todavia, mediante essa ascensão apressada, e o pouco tempo de vida da área, a fundamentação teórica encontra-se ainda em constante modificação, o foco na busca por resultados, origina a falta de aprofundamento no conhecimento informático (FONSECA FILHO, 2007).

Nesse sentido, a solução para esse problema veio da necessidade por maior qualidade de software, originada no fim da década de sessenta. As indústrias aderiram à computação como meio de processamento de grandes quantidades de dados em menor tempo. Essa disseminação da computação, dentro dos parques industriais, encontrou barreiras, e a dificuldade em manutenção e elaboração de novos projetos elevou os custos, tornando, muitas vezes, inviável o amadurecimento dos *softwares*.

Frente a isso, apresenta-se a Engenharia de Software, que é definida, de acordo com o Institute of Electrical and Electronics Engineers (1990), como: “A aplicação de uma abordagem sistemática, disciplinada e quantificável para o desenvolvimento, operação e manutenção de software, isto é, a aplicação de engenharia em software”. Essa engenharia apresentou-se como uma solução para a organização dos processos de criação e manutenção dos sistemas da época. Carvalho e Chiossi (2001) complementam que, dentro dessa disciplina, são abordadas

diversas metodologias, focadas na solução de problemas inerentes ao processo de desenvolvimento de um sistema.

É importante destacar, dentro do leque de disciplinas aplicadas dentro da Engenharia de Software, e atribuir ênfase ao segmento da Interação Homem-Computador (IHC), pois o trabalho em questão apresenta inovação tecnológica para os estudos do segmento.

3.1 INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR

A Interação entre seres humanos e máquinas complica-se proporcionalmente às funcionalidades apresentadas pela máquina. Buscando simplificar esse processo de interação, a computação gráfica desempenha um grande papel. Azevedo (2003) define a computação gráfica como a área de conhecimento responsável transformação de modelos matemáticos abstratos para representações gráficas a serem projetadas na tela do computador.

Estendendo esse conceito à aplicação, verifica-se que, na década de cinquenta, o projeto Whirlwind I, desenvolvido no Massachusetts Institute of Technology (MIT), foi o precursor das interfaces gráficas, consolidado como o primeiro computador capaz de fornecer uma saída de dados em forma de exibição de vídeo. Para isso ele recebia os dados através de cartões perfurados e, após o processamento, exibia as informações através de um Cathode Ray Tube (CRT) (FONSECA FILHO, 2007).

A interface gráfica, baseada em conceitos da computação gráfica, apresenta mecanismos para interação do usuário com aplicações computacionais (SERSON, 2007). Esse recurso em conjunto com *hardwares* como o *mouse*, compõem uma forma de interação entre homem e computador. IHC é, por sua vez, definida por Santos e Teixeira (2010) como a área da computação que avalia e implementa interfaces para que seres humanos possam interagir com sistemas computacionais de maneira eficiente e intuitiva. E SIGCHI (1992) completa: "A IHC é uma disciplina preocupada com o design, a avaliação e a implementação de sistemas computacionais interativos para o uso humano e com o estudo dos fenômenos que o circundam."

Essa interação entre homem e computador, através da interface gráfica, apresenta-se principalmente de três formas, percorridas nas subseções seguintes. Os usuários dessas máquinas, durante a disseminação da computação, eram especialistas, em sua maioria engenheiros e cientistas, habituados com um grau de complexidade acentuado. Não era problema executar comandos diretamente em um *mainframe* através da CLI ou perfurar cartões contendo fórmulas matemáticas. Porém, com a popularização dos microcomputadores, o processo precisava ficar mais simples para usuários comuns, então, os conceitos derivados da computação gráfica evoluíram para GUI e NUI. Essa evolução pode ser representada pela figura 6.

Figura 6: Evolução das Interfaces Gráficas

Fonte: Reyes (2012)

3.1.1 CLI

A Interação com máquinas, através da CLI, popularizou-se nos anos setenta com a intensificação do uso dos *mainframes*. Todavia, sua utilização está presente desde os anos cinquenta, com teletipos, amplamente utilizados para transmissão de mensagens (STEPHENSON, 1999).

Para a visualização do *prompt* de comando, os teletipos eram ligados aos *mainframes*, que, por sua vez, eram conectados a um CRT, responsável pela projeção de uma tela que permitia a digitação de comandos que executavam processos dentro do *mainframe*.

Por mais que essa tecnologia pareça retrograda, ela vem evoluindo em conjunto com as novas formas de apresentação de conteúdo. Os especialistas em computação ainda utilizam essa ferramenta para execução de processos de forma mais rápida e objetiva. A CLI fornece aos usuários avançados, maior controle sobre um programa, sem máscaras que abstraem a execução, facilitando a detecção de problemas e acompanhamento de fluxo.

Os sistemas operacionais, baseados em *kernel* UNIX ou LINUX, são exemplos de como a linha de comando não foi deixada de lado. Mesmo sistemas que apresentam alto nível de detalhamento gráfico, como é o caso do MacOSX e Ubuntu, trazem consigo um aplicativo para interação através do *prompt* de comandos.

3.1.2 GUI

Como a maioria das inovações dentro da área de informática, a GUI foi apresentada, de forma conceitual, muito antes de o *hardware* ser capaz de atender os requisitos para aplicá-la. Durante a década de 1930, o primeiro protótipo documentado, que apresenta características de uma interface gráfica de usuário, foi o Memory Extension (Memex). O protótipo apresentava uma mesa, com duas telas sensíveis ao toque, um teclado e um *scanner*, os quais trabalham em conjunto para auxiliar o usuário a armazenar conhecimento (REIMER, 2005).

Segundo Fonseca Filho (2007), alguns projetos foram desenvolvidos ao longo da Segunda Guerra Mundial, e colocavam em prática algumas ideias do que viria a ser a GUI como se conhece hoje. Um dos principais responsáveis pela difusão desse assunto foi o engenheiro

Douglas Englebart, que dedicou sua carreira a contribuir, com seu conhecimento, em projetos em prol da humanidade. Englebart participou de alguns projetos que lhe ajudaram a captar os recursos necessários para criação de dispositivos inovadores.

Conforme Reimer (2005), a primeira demonstração importante foi o oN-Line System (NSL), que quebrou diversos paradigmas e trouxe as primeiras versões do *mouse* e teclado como os conhecemos hoje. O *mouse* é amplamente utilizado no que chamamos de computação moderna, e caracteriza-se como um dos maiores símbolos de transcendência da CLI para a GUI.

Essa apresentação pública do NSL ocorreu em 1968, e marcou o início de uma corrida pela interface gráfica, protagonizada por diversas empresas. A Xerox, que apresentava um negócio totalmente baseado em papel, preocupada com a possibilidade de um futuro onde o papel não teria mais utilidade, devido ao fato de os documentos tornarem-se eletrônicos, deu início ao Palo Alto Research Center (PARC), uma divisão de pesquisas criada em 1970, com intuito de inserir a empresa no cenário tecnológico.

O PARC desenvolveu a estação de trabalho Alto, inspirado nos conceitos apresentados pelo NSL. Em 1973, esse protótipo amadurecia as ideias primeiramente definidas por Englebart através de detalhes sutis, por exemplo, a representação do *mouse* através de um ponteiro na tela. Ademais, o Alto introduziu programas amplamente utilizados até os dias de hoje, como: editor de texto denominado Bravo, que, segundo Reimer (2005), mais tarde, seu autor juntou-se a Microsoft para trabalhar com o projeto Word do Disk Operating System (DOS); manipulador de *bitmap*, parecido com o Paint do sistema operacional Windows; gerenciador de arquivos básico, baseado em janelas.

Por mais que o projeto Alto tenha iniciado sua jornada cedo, ele saiu dos laboratórios, localizados no Palo Alto, muito tarde. Somente em 1981 a Xerox lançou o Xerox Star 8010 Document Processor. Nesse momento ela já havia perdido muitas de suas tecnologias para concorrentes. O filme Piratas do Vale do Silício ilustra, de forma cinematográfica, uma dessas ocasiões. A cena apresenta os amigos e sócios, Steve Jobs e Steve Wosniak, extraíndo informações sobre o projeto do *mouse*, que foi empregado no concorrente Lisa, lançado em 1983 pela Apple, atualmente, a segunda maior empresa do mundo, em relação a preço de mercado (BLOOMBERG, 2010).

A partir da consolidação da Microsoft liderada por Bill Gates, com o sistema operacional Windows, e da Apple liderada por Steve Jobs, com o sistema operacional Machintosh, a relação de concorrência se acentua cada vez mais entre as duas empresas. Essa concorrência desempenhou papel fundamental para a modernização acelerada dos computadores pessoais e com ele a preocupação com a interação do usuário e a máquina. Todavia, atribuir a criação do conceito de interface gráfica à uma dessas empresas, é errôneo. Diversos foram os protótipos,

projetos e ideias agregados a ambos os sistemas, para esses, alcançarem a maturidade que apresentam nos dias de hoje.

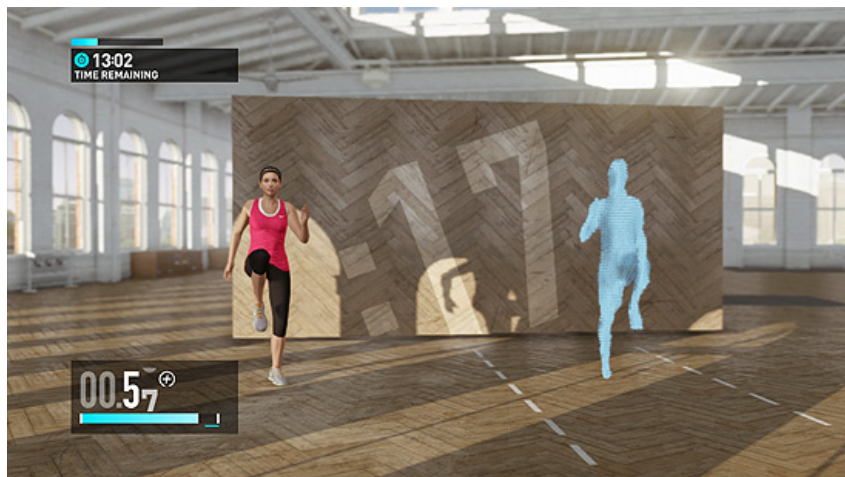
3.1.3 NUI

A GUI, durante o decorrer da evolução tecnológica, no que se diz respeito à computação, consolidou-se como o modelo de interface gráfica melhor aceito pelos usuários de computadores pessoais. É irrefutável que o modelo moldou os usuários, acomodando as massas dentro do padrão usando *mouse* e teclado. No entanto, sua evolução consistiu do aprimoramento dos componentes empregados nas primeiras versões do conceito. Poucas alterações, de forma radical, foram implementadas a ponto de quebrarem paradigmas.

Frente a isso, complementa Wigdor e Wixon (2011), a NUI visa encontrar formas de tornar a entrada de dados mais natural, tornando-a mais simples e formatando as tecnologias corretas para solução. Partindo dessa definição, as tecnologias aplicadas podem ser variadas, é importante ressaltar que a NUI, preocupa-se mais com a forma de interagir com o conteúdo. O uso de voz, gestos e toques são algumas das formas exploradas pelas soluções tecnológicas nos últimos anos.

O presente trabalho fundamenta suas aplicações em conceitos de interface natural de usuário, buscando através de dispositivos capazes de reconhecer movimentos, e algoritmos de programação, responsáveis por interpretar esses movimentos, absorver as entradas de dados usando o corpo do usuário. Uma das fontes de inspiração para o uso dessa técnica, é o jogo "Nike+ Kinect Training". Lançado no Brasil no dia trinta de outubro de 2012, o jogo visa, através de uma interface simples, guiar os treinamentos físicos dos usuários, usando como contexto cenários do mundo real.

Figura 7: Nike+ Kinect Training, jogo de ginástica para Xbox



Fonte: Folha (2012)

Como observado na figura 7, é verificada a ausência de qualquer forma convencional de interação com a interface apresentada pelo computador. Arrais (2012) afirma que uma interface que possui conceitos de NUI é: "uma interface de usuário projetada para utilizar comportamentos naturais humanos para interagir diretamente com o conteúdo digital". Portanto, o uso do termo "natural" é empregado em forma de alusão aos recursos artificiais aplicados na GUI, e a importância de eliminá-los, dando lugar aos estímulos autoexplicativos, que removam qualquer forma de aprendizado.

O jogo "Nike+ Kinect Training" faz uso dos conceitos da NUI de forma excelente, permitindo que os usuários esqueçam que estão na frente de um videogame, passando a interagir com o cenário, o *personal trainer* virtual, as orientações dos exercícios, como em uma academia real. O presente projeto visa aplicar as mesmas técnicas de imersão tecnológica.

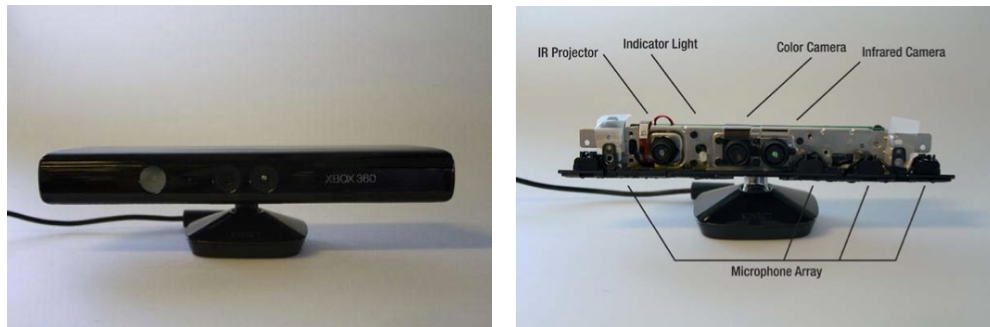
3.2 DISPOSITIVO DE CAPTURA

O dispositivo eletrônico mais vendido até hoje foi o Kinect (GUINNESS... , 2012). O aparelho traz consigo ótimos exemplos de interface natural, e ao chegar no mercado, além da quebra no recorde de vendas, rompeu também, inúmeras barreiras no que se diz respeito a formas de interação com computadores. Essa seção tem por objetivo apresentar o dispositivo Kinect, que será utilizado neste trabalho como meio de para captura das imagens, detalhando a arquitetura e os sensores que compõem o aparelho.

Lançado efetivamente em novembro de 2010, o dispositivo foi apresentado ao mercado como uma forma de controle para jogos eletrônicos. Primeiramente era dependente do videogame Xbox 360, o *console* da Microsoft. No entanto, após a marca de oito milhões de unidades vendidas em apenas sessenta dias, a fabricante do aparelho notou que as capacidades do dispositivos iam muito além do esperado.

Elaborado para concorrer com os dispositivos Wiimote e PS Move, controles que mapeiam movimentos para os videogames Nintendo Wii e PS Move respectivamente, o Kinect superou as expectativas. Pouco tempo depois de seu lançamento, já era possível encontrar formas de efetuar um *hack* que o ligava ao computador. A empresa Prime Sense foi a primeira a liberar um conjunto de bibliotecas capazes de interpretar certos movimentos em um computador, eliminando a ligação com o Xbox 360, e traçando neste momento, um futuro de sucesso para o *hardware* (PAULA, 2011).

Frente à ilustração do dispositivo, apresentada pela figura 8, percebe-se a presença de vários sensores na composição do produto. O Kinect conta com uma câmera Red Green Blue (RGB), um projetor de luz infravermelha, uma câmera infravermelha, um conjunto de microfones e um pequeno motor. Esse conjunto de câmeras unidas ao projetor de luz infravermelha, é

Figura 8: Fotos do Dispositivo Kinect**(a)** Visão Frontal**(b)** Componentes do Dispositivo

Fonte: Webb e Ashley (2012)

capaz de formar o que Alvarenga, Correa e Osório (2012) denomina como RGB-D (D - *Depth*), ou seja, o dispositivo é capaz de fornecer imagens coloridas com informações de profundidade. Essas informações são forçadas por meio de um mapa Linha x Coluna x Profundidade (LxCxP), ou uma nuvem de pontos espaciais X, Y, Z, cada um com uma cor específica.

Esse mapeamento das imagens não acontece de forma simples, um dos principais fatores para o sucesso do dispositivo foi a abstração dessas funcionalidades, através da SDK, para o desenvolvedor. Permitiu-se, assim, que os programadores aplicassem seus esforços na criação de aplicativos. Todavia, devido ao tempo que a tecnologia apresenta, ainda existe muito a evoluir nos algoritmos de mapeamento. A próxima seção, visa aprofundar os estudos no pacote de desenvolvimento utilizado no presente trabalho, e mais adiante abordar técnicas de tratamento de imagens que aperfeiçoam as capturas e minimizam as falhas.

3.3 MAPEAMENTO CORPÓREO

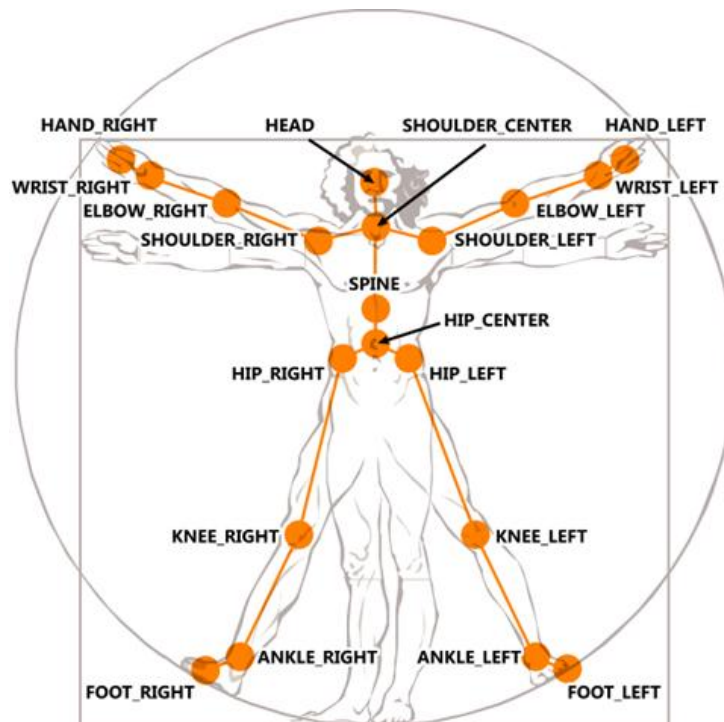
O *mouse* é uma ferramenta antiga, todavia, sua qualidade na interpretação dos movimentos do usuário é inquestionável. É importante ressaltar, citando Prado Neto e Bruno (2012), que os seres humanos se relacionam a todo momento através de suas mãos, seja para elaborar explicações, confirmação de preposições, demonstração de sentimentos, cumprimentar, etc. O *mouse* cria uma barreira entre usuário e computador, e o rompimento dessa barreira acontecerá mediante a qualidade dos algoritmos empregados em novas tecnologias. Os parâmetros mais importantes para atingir tal objetivo, são a sensibilidade, precisão e tratamento de falhas.

Conforme elucidado neste trabalho, logo após o lançamento do Kinect, algumas tecnologias foram lançadas para uso desse dispositivo sem a necessidade de conexão com o *console* Xbox 360. Segundo Paula (2011), logo no dia de lançamento, a empresa Adafruit Industries ofereceu o montante de US\$ 1.000,00 à primeira pessoa que executasse e interagisse com esse com um programa através do computador.

Ainda nesse sentido, dentre os apoios por parte de corporações privadas, o mais marcante e importante para o cenário atual da tecnologia, foi por parte da empresa Prime Sense, um mês após o lançamento. A organização disponibilizou os *drivers* para interação com o Kinect, bem como, o módulo de rastreamento de esqueleto, sendo esse módulo, um passo marcante para simplificação dos processos de interpretação dos gestos.

Direcionando a presente seção à realidade deste projeto, objetiva-se a introdução da técnica de mapeamento corpóreo através da representação esquelética virtual do usuário apresentada pela SDK fornecida pela Microsoft. Mesmo sendo a OpenNI uma biblioteca de extrema relevância, os investimentos por parte da fabricante levam a crer que não há motivos para optar por uma biblioteca diferente da "nativa". A confiabilidade foi o fator que motivou a decisão no presente trabalho, pois ambos os pacotes de desenvolvimento apresentam qualidade e recursos semelhantes.

Figura 9: Pontos do Esqueleto Virtual



Fonte: Raiten (2011)

Conforme apontado na figura 9, o conjunto de algoritmos empregados na extração de um esqueleto virtual através das câmeras do dispositivo, fornecem ao desenvolvedor, um usuário mapeado e dividido em até vinte pontos. Essa facilidade apresentada pela SDK permite aos programadores de *software* manter o foco na interpretação da sequência de movimentos dos pontos. Esse esqueleto virtual visa à definição de conjuntos de pixels capazes de informar a posição e a localização dos membros do esqueleto mapeado.

Encerrando esta seção, é importante ressaltar que o aprimoramento da detecção de movimentos, motiva os desenvolvedores a aplicação de métodos matemáticos complexos, como os apontados na seção seguinte. Buscando através desses métodos, tratar algumas deficiências dos recursos nativos, por exemplo, a oclusão de membros e a saída parcial do usuário do campo de visão da câmera.

3.4 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Para que os seres humanos estabeleçam um contato mais natural com as máquinas, assim como é demonstrado em protótipos e filmes futuristas, é necessário o uso integrado de *hardware* e *software* para extração de movimentos. A extração de movimentos e conversão em orientações lógicas, passa por algumas etapas. Partindo dessa premissa, esta seção trata de alguns algoritmos usados para o processamento gráfico, destinados ao tratamento de imagens.

3.4.1 Segmentação de Fundo

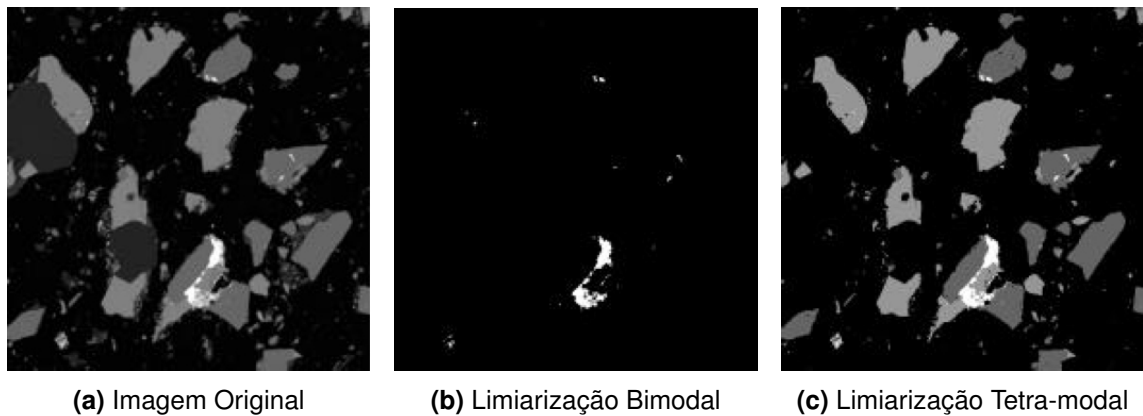
Gonçalves et al. (2007) apontam a segmentação de imagens como uma das técnicas mais importantes dentro da área de processamento gráfico. Quando desejamos segmentar um objeto de interesse dentro de uma imagem de computador, é necessário a separação desse objeto do *background* em que está inserido.

Os algoritmos de reconhecimento de movimentos utilizados pelo Kinect, fazem uso de algumas técnicas de segmentação para extrair os usuários do fundo que estão inseridos. Algumas das técnicas em destaque serão abordadas nas subseções seguintes.

Limiarização

Considerada por diversos autores como a técnica mais simples para segmentação de objetos, a limiarização é conhecida também como segmentação por faixa tonal. Conforme definido o tom de cinza usado para corte, o algoritmo diferencia o que é objeto do que é fundo. O que fica acima (ou abaixo) do tom de corte é considerado fundo.

A própria limiarização apresenta algumas técnicas de apresentação. No caso da limiarização bi-modal, existe apenas o fundo e o objeto. O tom de corte forma uma imagem binária, onde o fundo fica branco e o objeto preto, ou vice-versa. Essa técnica é pouco tolerante a falhas, e para suprir essa deficiência, é necessário a implementação de uma limiarização multimodal (GOMES, 2001).

Figura 10: Exemplo de Limiarização

Fonte: Gomes (2001)

Frete a isso, a limiarização multimodal visa possibilitar a segmentação de forma mais detalhada dos objetos. Pode-se definir n tons de corte que determinarão as faixas tonais, que por sua vez caracterizam-se como fases.

A técnica de limiarização, da forma que foi apresentada, necessita da análise humana sobre o histograma da imagem, para que esse usuário defina o tom de corte, caracterizando o processo como manual. Existem métodos de automatização de análise do histograma, que buscam o menor valor. No entanto, em imagens com grande variação de tons, esses métodos acabam tornando-se suscetíveis a ruídos.

Ainda, conforme Gomes (2001), a limiarização apresenta uma técnica conhecida como segmentação de Otsu. O estudioso afirma que "para realização do cálculo do tom de corte, utiliza-se a maximização da variância interclasse, que equivale à minimização da variância intraclasse". Essa técnica é de fácil implementação e muito eficiente, o que torna comum o seu uso quando há a necessidade de uma limiarização automática. Todavia, a segmentação de Otsu é extremamente custosa em recursos computacionais.

Crescimento de Regiões

Ainda, de acordo com os propósitos desta seção, ressalta-se que a segmentação de imagens é essencial para os algoritmos de detecção de movimentos. Ademais, é muito utilizada para inspeções de qualidade em indústrias, averiguando defeitos de forma automática em produtos. Outra técnica utilizada para esse fim, é o crescimento de regiões (WANGENHEIM, 2008).

A técnica de crescimento de regiões, segundo Wangenheim (2008), analisa *pixel à pixel* de uma imagem. Agrupam-se os pixels "parecidos", ou seja, que apresentam tons de cinza semelhantes. Esses agrupamentos são considerados objetos, e segmentados de forma binária, como apontado na limiarização.

Assim como na limiarização, este processo divide-se em outros métodos de crescimento de região. A segmentação por Watershed e o algoritmo funcional de Mumford e Shah. Cada um apresenta particularidades que devem ser levadas em conta na escolha de um para atender a necessidade.

Em relação à segmentação por Watershed, Wangenheim (2008) afirma ser mais rápido e sensível a variações nas imagens, por tanto, menos confiável. Este método é amplamente utilizado em aplicações interativas, mesmo com imagens grandes e pesadas. A palavra *watershed* significa uma cadeia montanhosa que divide a água da chuva, através desta tradução pode-se imaginar como o algoritmo funciona. Ele "inunda" os espaços da imagem conforme a "profundidade" da cor, e assim da origem à "montanhas", ou objetos dentro do contexto real.

Nesse sentido, faz-se apropriada a definição de Wangenheim (2008) com relação ao algoritmo funcional de Mumford e Shah, como "um método que usa a ideia de que as regiões são grupos de pixels com uma "borracha" ao redor". O autor afirma ainda que a simplicidade do algoritmo do ponto de vista matemático é genial, ademais, é um dos algoritmos com melhor resultado na segmentação de imagens. Todavia, o uso de recursos computacionais é demasiado, e seu uso só se faz necessário quando a confiabilidade da segmentação é essencial. Pode-se dizer que o algoritmo trabalha com as variações dos pixels dentro de uma determinada região, sendo que, quanto maior a variação na região, menor é a elasticidade da borracha.

Detecção de Bordas

Dentro da relação de métodos apresentados nessa seção, segundo Marengoni e Stringhini (2009) a técnica de detecção de bordas tem o melhor desempenho quando comparadas as citadas anteriormente dentro desta seção. Uma borda é caracterizada por uma mudança perceptível no nível de intensidade dos pixels. Partindo desta definição, os detectores visam a delimitação destas variações, para definir a área de contorno de um objeto. Esse algoritmo utiliza os operadores de Sobel e Prewitt, que por sua vez, são baseados em operações matemáticas denominadas derivadas.

Dentro desse capítulo e suas respectivas seções, foram abordados os conceitos dentro de visão computacional relacionados ao protótipo que pretende-se desenvolver. Com esses assuntos elucidados, parte-se agora para o detalhamento do processo de desenvolvimento do protótipo.

4 ANÁLISE E PROJETO

Com base na fundamentação teórica apresentada até aqui, será elaborada a descrição técnica e arquitetural do sistema, buscando através das seções seguintes, ilustrar como o sistema deve funcionar, bem como, a disposição dos equipamentos para que funcione da forma correta.

Dentro do complexo fluxo de criação de sistemas, é importante encontrar uma forma de transmitir as ideias, apresentando para os interessados, como a sua visão pessoal será convertida em um produto operante. Com base nessa afirmação, busca-se na Unified Modeling Language (UML), um conjunto de ferramentas que facilite a preparação do sistema para o desenvolvimento. Ramos (2006) define a UML como: "uma linguagem que serve para especificar, construir, visualizar e documentar os artefatos de um sistema de *software*", e Fowler (2005) ressalta que um bom diagrama pode usualmente refletir melhor as ideias de um projeto, além de ajudar na comunicação do entendimento dessas ideias.

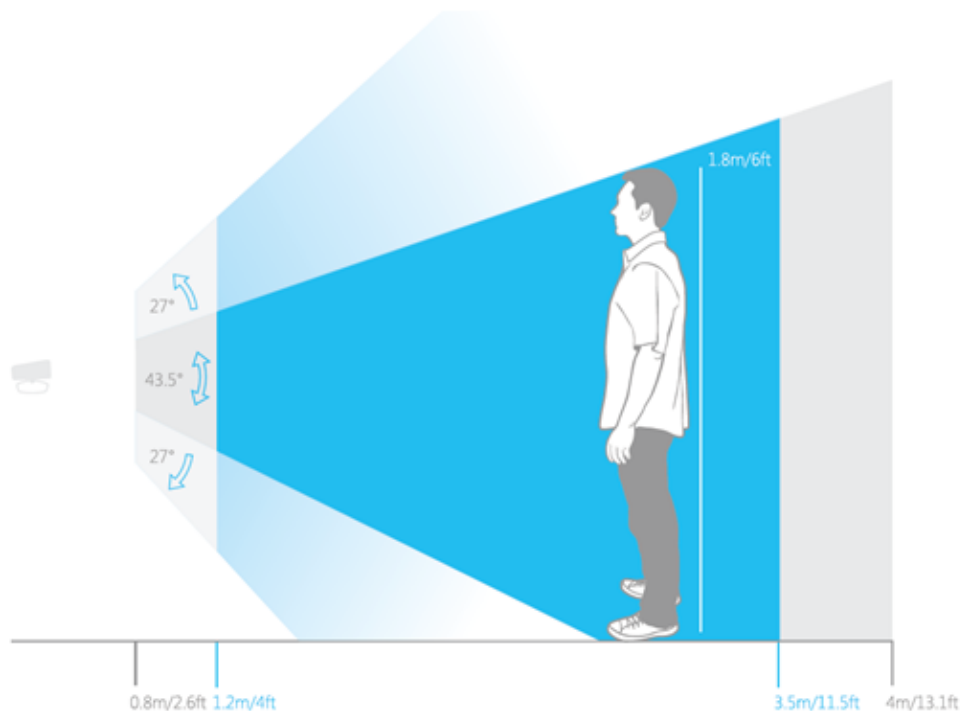
4.1 AMBIENTE DE CAPTURA

O ambiente onde o presente protótipo pretende ser implantado, deve seguir alguns requisitos mínimos, apresentados ao longo dessa seção. Esses requisitos buscam obter o mapeamento preciso e ininterrupto do corpo do usuário, garantindo uma melhor experiência durante a utilização do sistema. A figura 11 ilustra um ambiente ideal, apresentando algumas medidas relacionadas ao espectro de visão do aparelho.

Buscando ganhar espaço, otimizar a captura dos movimentos e o enquadramento do esqueleto virtual, o usuário deve estar posicionado entre 2,5 e 3,5 metros de distância do aparelho. O dispositivo deve estar a uma altura entre 0,8 e 1 metro do chão, subentende-se então, que ele está abaixo do monitor que exibe a imagem do sistema. Esse monitor deve ser de, no mínimo, 29 polegadas, levando em consideração que o usuário encontra-se a até 3,5 metros de distância da tela, exigindo que o sistema apresente elementos grandes e visíveis à distância.

Ainda, conforme ilustrado na figura 11, a área de abrangência horizontal do dispositivo é grande, portanto, recomenda-se isolamento lateral do espaço de implantação do protótipo. O uso de divisórias reduz a área horizontal, garantindo que outros elementos no ambiente não interfiram na captura (MSDN, 2012).

Apresentado o cenário, é possível entender como será montado o ambiente de captura, que tem por objetivo servir como "estações de alongamento" para os clientes de academia. Através desses espaços, os clientes poderão executar sozinhos suas séries de exercícios, garantindo assim, a salubridade na prática de atividades físicas.

Figura 11: Área de Captura Kinect

Fonte: MSDN (2012)

4.2 METODOLOGIA DE INTERAÇÃO

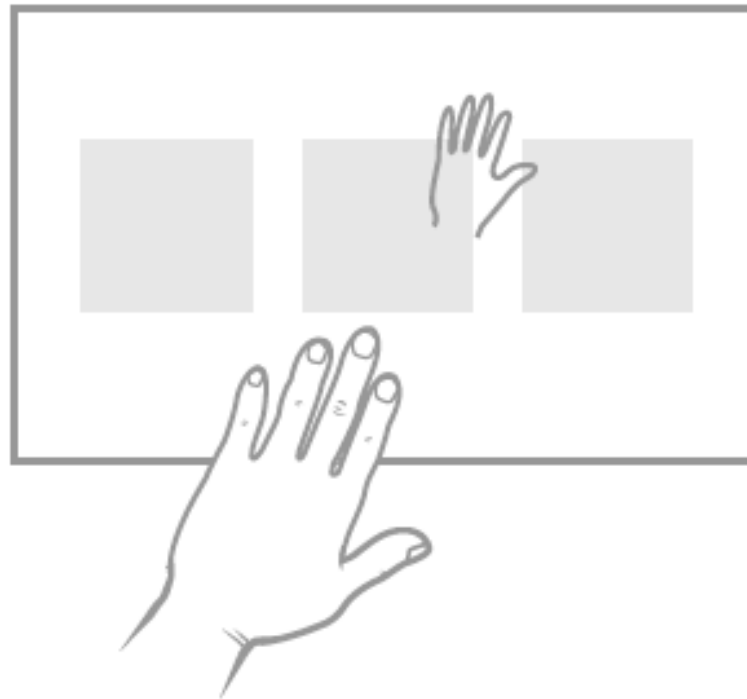
Uma vez que o usuário posicionou-se adequadamente na região de captura do dispositivo, ele pode interagir através de suas mãos com os elementos do protótipo em questão. Nesse momento, as mãos do usuário funcionam como o ponteiro do *mouse*, possibilitando a execução de interações comuns no conceito GUI, por exemplo, escolher ou arrastar.

A escolha de elementos é feita por meio de um método dinâmico, onde o usuário move o ponteiro sobre um elemento, e a profundidade do movimento de sua mão, caracteriza a intenção de seleção desse elemento, ou seja, ao mover a mão para frente, o usuário demonstra a intensão de pressionar o componente. Esse processo simula o método de *click*, utilizado pelo dispositivo *mouse*, em interfaces do conceito GUI. A figura 12 ilustra esse padrão de interação.

O protótipo do sistema não implementa outros tipos de regiões, portanto, o único padrão de interação utilizado é, a seleção de elementos. Com base nessa definição, o presente projeto busca, a partir das seções seguintes, abordar a análise de sistemas fazendo uso de diagramas e modelos.

4.3 FLUXOGRAMA

O fluxograma é, de acordo com Vergueiro (2002), um instrumento gráfico que visa a descrição de processos. Portanto, ilustrando a sequência de utilização do sistema em questão,

Figura 12: Seleção de Elementos

Fonte: MSDN (2012)

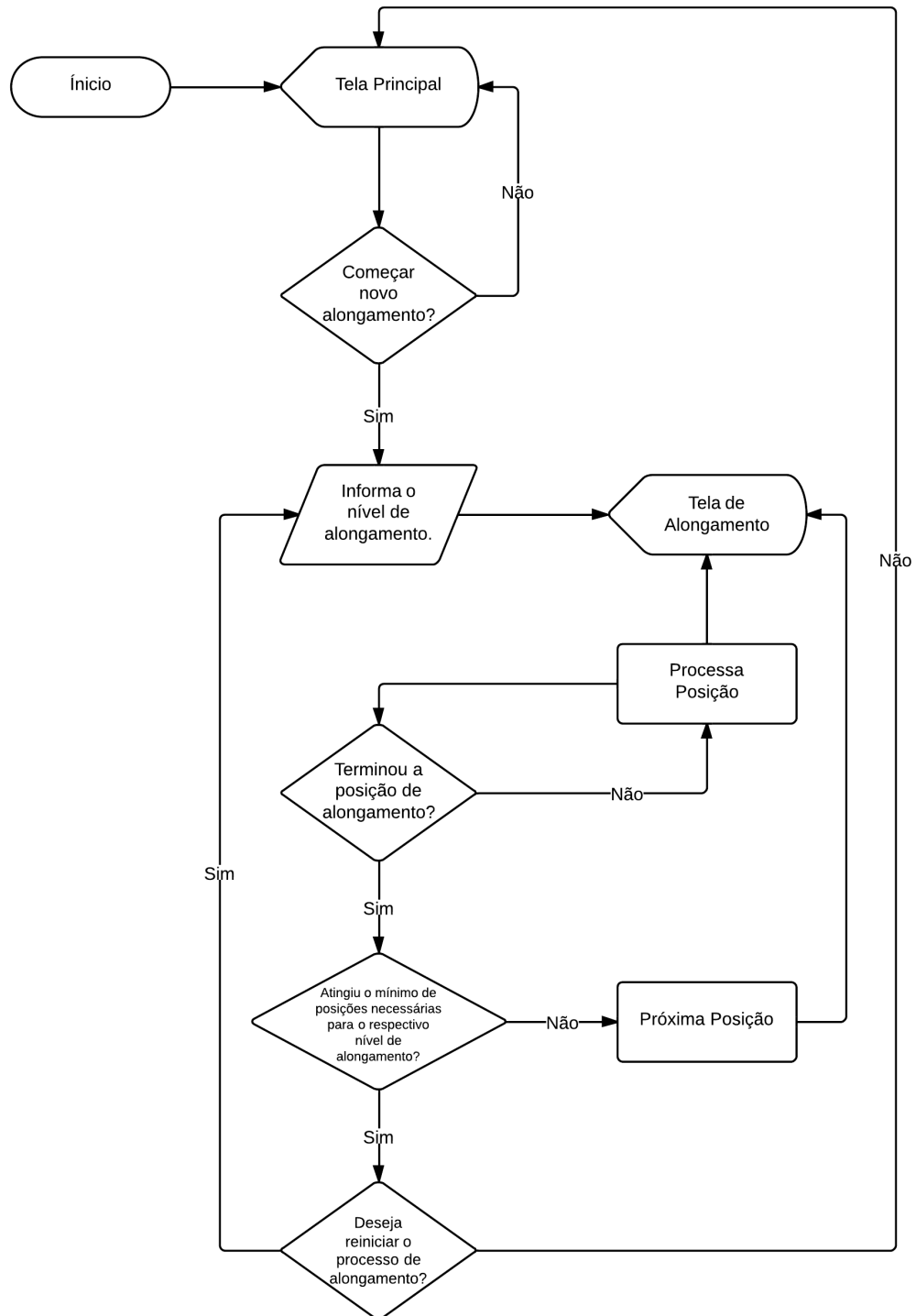
apresenta-se na figura 13 um fluxograma do presente trabalho, partindo do momento em que a aplicação é iniciada.

Após a inicialização da sessão de alongamento, através do botão na tela principal, o usuário é instruído por um personagem animado, que demonstra, de forma gestual, a posição que o usuário deve executar. Tendo o usuário concluído todas as posições de alongamento, o sistema informa que ele pode dar início a sua série de exercícios, e retorna ao ponto inicial aguardando pelo próximo usuário. É possível também recommear o processo de alongamento, caso o usuário não se sinta totalmente preparado para prosseguir com o treinamento, nesse caso, o sistema apresenta a tela de escolha de nível.

Com base no fluxograma apresentado, e a descrição do processo, é possível entender o funcionamento geral do programa. Parte-se agora para o detalhamento dos passos envolvidos no desenvolvimento, usando conceitos de engenharia de *software*, levantam-se alguns requisitos funcionais e não-funcionais do projeto presente.

4.4 REQUISITOS

Os requisitos são parte fundamental para definir as delimitações do sistema, traçando assim uma linha que descreve o comportamento e qualidade esperadas. Rezende (2005) aponta que eles devem ser levantados no início de um projeto de *software*.

Figura 13: Fluxograma

Fonte: Elaborada pelo autor

4.4.1 Requisitos Funcionais

Ramos (2006) afirma que "um requisito funcional descreve uma determinada ação (ou função) que o sistema deve suportar", partindo dessa afirmação, definem-se os requisitos abaixo:

Assistente Virtual
O sistema deve demonstrar a posição de alongamento que será executada, bem como, guiar o processo do início ao fim, através de um personagem animado em segunda dimensão.

Status do Kinect
O sistema deve informar, ao início da aplicação, se o dispositivo Kinect está pronto para ser usado. Qualquer alteração no aparelho, deve ser informada.

Acompanhamento
O sistema deve deixar sempre visível o fluxo de reconhecimento do usuário, permitindo assim, que ele encontre o melhor enquadramento e posicionamento dentro do espectro de visão do dispositivo.

Níveis de Alongamento
O sistema deve permitir a escolha de três níveis de alongamento: rápido, intermediário e intenso. Cada nível requer que o usuário permaneça mais tempo na posição até ela ser concluída.

Deteção Singular
O sistema deve reconhecer somente um usuário por vez. Em nível técnico, ele deve utilizar sempre o primeiro esqueleto do vetor de esqueletos fornecidos pela SDK.

Reiniciar Processo
O sistema deve permitir reiniciar o processo caso o usuário não se sinta totalmente alongado. O processo deve reiniciar da tela de escolha de nível.

4.4.2 Requisitos Não-Funcionais

Por sua vez, os requisitos não-funcionais, ainda em acordo com Ramos (2006), referem-se a aspectos gerais do sistema, normalmente ligados a desempenho, robustez, distribuição,

segurança, integração entre outros. Sendo assim, definem-se os seguintes requisitos não-funcionais:

Plataforma

O sistema deve ser operacionalizado na plataforma Windows 7.
--

Processamento

Os movimentos devem ser reconhecidos em tempo real, através do recurso de fluxo de dados, fornecido pela SDK.

Interação

Os componentes e fontes, devem ter dimensões grandes, permitindo a fácil visualização e interação à distância.
--

Abordagem

A linguagem utilizada, no processo de explicação da posição de alongamento, deve ser clara e inofensiva.
--

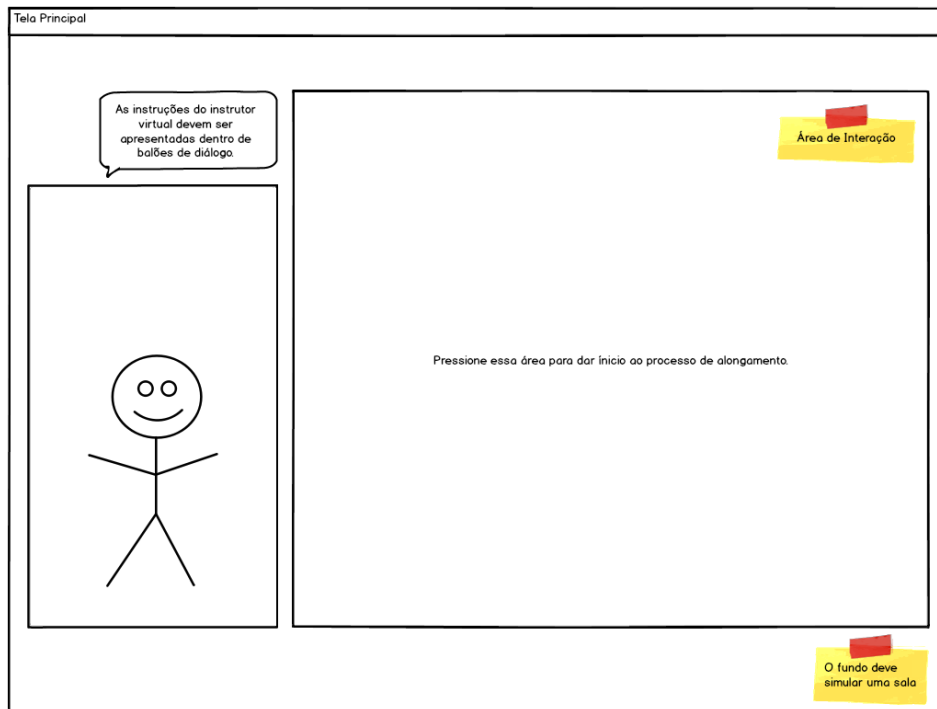
O sistema em questão, apresenta um processo geral único, de baixa complexidade, e poucos requisitos. A complexidade desse sistema está no processo de reconhecimento de movimentos, e no conjunto de elementos para guiar o usuário durante o processo de alongamento, sendo assim, optou-se por abordar, diretamente, os protótipos de tela.

4.5 PROTÓTIPOS DE TELA

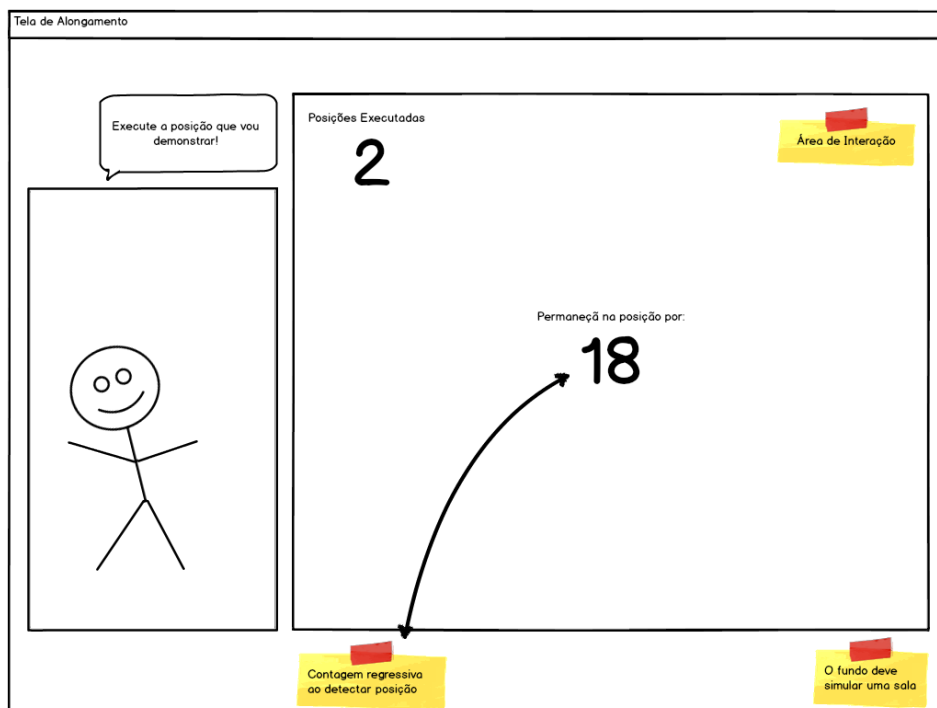
O processo de análise de sistemas é complexo e muitas vezes perde alguns detalhes. Essa margem de erro é aceitável, pois é fato que o usuário, ao visualizar ou utilizar uma tela, consegue identificar os pontos que faltam ou precisam de ajustes. Melo (2010) aponta que uma das técnicas que auxilia na captura desses imprevistos e poupa retrabalho, é a prototipagem de telas. Com base nessa afirmação, as telas principais do sistema, foram prototificadas.

4.5.1 Tela Principal

A tela principal, representada pela figura 14, ficará aberta e aguardando a utilização de algum usuário. Mediante interação com as mãos, o ponteiro pode ser guiado, e o usuário tem capacidade de iniciar um novo processo de alongamento.

Figura 14: Tela Principal

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 15: Processo de Alongamento

Fonte: Elaborada pelo autor

4.5.2 Processo de Alongamento

Assim que o usuário iniciar o processo de alongamento, a tela, representada pela figura 15, é apresentada. O usuário é guiado pelo instrutor virtual, um personagem em segunda dimensão animado, que representa a posição que o usuário deve executar. Também deve ser exibida uma frase dentro da caixa de diálogo sobre o personagem, que descreve textualmente a posição.

As telas apresentadas servem de base para as demais telas do sistema, são elas, a tela de escolha de nível e a tela final. Ambas as telas são variantes da tela principal, sendo que as mudanças serão apresentadas dentro da "área de interação", marcada na figura 14.

4.6 FERRAMENTAS

O processo de desenvolvimento de aplicativos para Kinect, utilizando os recursos oficiais, fornecidos pela empresa responsável pela criação do dispositivo, é cercado por ferramentas e bibliotecas de componentes. Durante esse processo de desenvolvimento, a Integrated Development Environment (IDE) foi indispensável em vários aspectos.

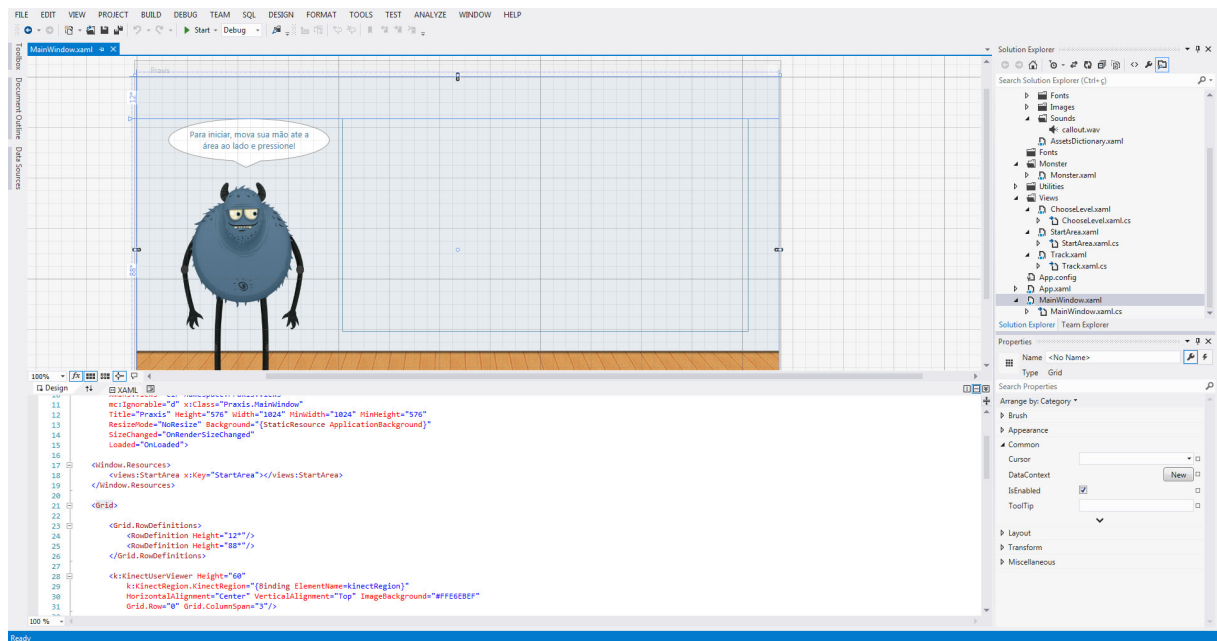
4.6.1 Visual Studio 2012

Horstmann (2007) define *framework* como "um conjunto de classes cooperativas que implementam os mecanismos que são essenciais para um domínio de problemas específicos". O presente projeto, opera sobre a *framework* .NET, esse conjunto de classes, possui um segmento destinado a parte gráfica, incorporado a versão 3.0, denominado Windows Presentation Foundation (WPF).

Os aplicativos que operam sobre o subsistema gráfico WPF, devem ser escritos na linguagem C#, e a montagem das telas, deve ser feita através da linguagem de marcação denominada eXtensible Application Markup Language (XAML), que é proveniente do eXtensible Markup Language (XML). O processo de montagem de telas utilizando essa linguagem de marcação, é diretamente ligado a IDE, caso o processo de pré-visualização não seja de qualidade, existe uma grande perda de produtividade e dificuldade na montagem.

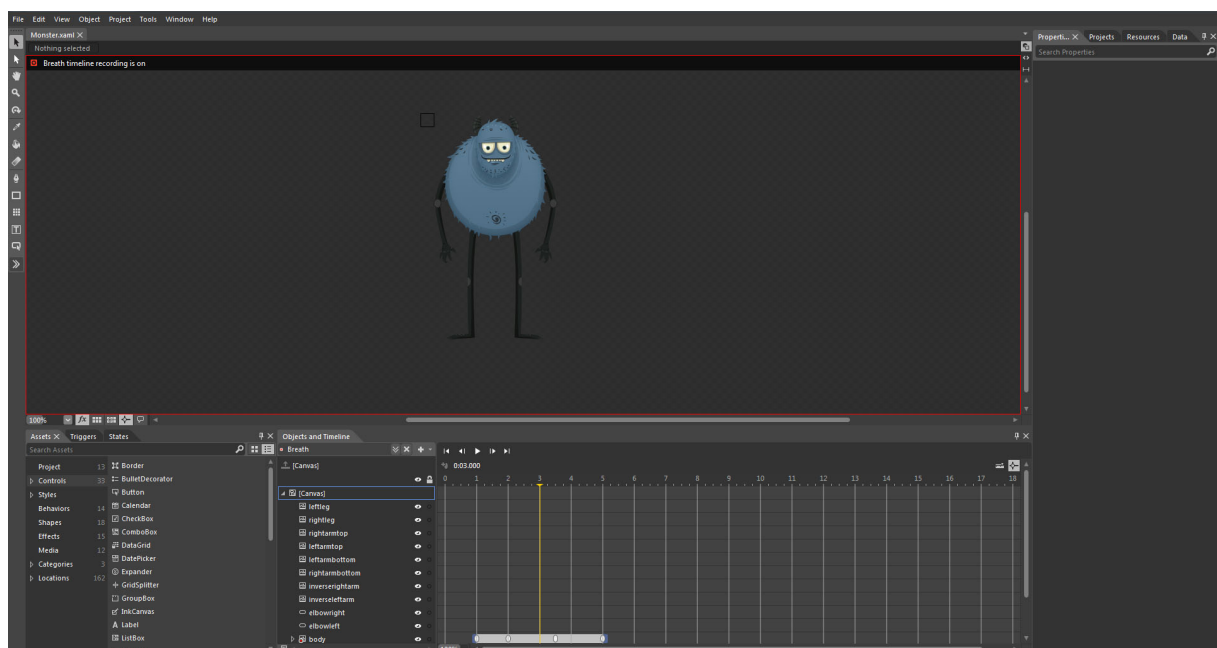
A figura 16 ilustra o processo de montagem da tela principal do sistema, fazendo uso da aba "Design", no Visual Studio 2012. Mesmo que algumas alterações precisem ser diretamente na linguagem de marcação, como é o caso da definição de *namespaces*, boa parte da montagem ocorre através do manuseamento visual dos componentes, e mesmo as alterações que são executadas via código, são reconhecidas imediatamente pela pré-visualização dessa aba.

Figura 16: Montagem de Telas



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 17: Animação de Personagem



Fonte: Elaborada pelo autor

4.6.2 Microsoft Blend

Inserido no leque de ferramentas fornecidas pela Microsoft, para desenvolvimento da nova geração de aplicativos, o Blend é uma ferramenta que agrega recursos para a montagem de telas, apresentando funcionalidades para criação de animações, transições e estados de aplicação.

Dentro do presente projeto, essa ferramenta foi utilizada para elaborar as animações do personagem virtual, encarregado de orientar o usuário durante a utilização do protótipo. Utilizando o modo de animação, é possível criar linhas do tempo para determinados elementos, de forma intuitiva, e o resultado é convertido em XAML em tempo real.

A figura 17 ilustra o processo de animação do personagem elaborado para orientar o usuário. Cada membro desse personagem é uma imagem separada, que possui uma linha do tempo. Através da ferramenta, são criados conjuntos de movimentos, que compõem animações completas, como: a movimentação dos olhos; o movimento do corpo, que transmite a impressão de respiração; as posições de alongamento 1 e 2.

O presente capítulo e suas respectivas seções, elucidaram alguns itens de análise de *software* e os recursos e ferramentas utilizados no processo de desenvolvimento, tornando possível a compreensão de detalhes técnicos. Busca-se, a partir do próximo capítulo, apresentar os resultados obtidos e testes executados no protótipo desenvolvido utilizando os conceitos apresentados até o momento.

5 RESULTADOS E TESTES

Baseado na documentação do processo de desenvolvimento, do estudo das questões relacionadas a saúde e a experiência na criação de sistemas, o presente capítulo busca, através de imagens e conteúdo textual, apresentar o resultado do processo de elaboração do *software* em questão.

5.1 INSTRUTOR VIRTUAL

Buscando material gráfico de qualidade, encontrou-se uma grande quantidade de recursos sobre a licença Creative Commons, essa licença, segundo Alecrim (2006), permite o uso do material criado por artistas, desde que sigam algumas regras estabelecidas pela licença, como:

- a) Atribuição: você deve dar crédito ao autor original, da forma especificada pelo autor;
- b) Uso não-comercial: você não pode utilizar esta obra com finalidades comerciais;
- c) Compartilhamento pela mesma licença: se alterar, transformar ou criar outra obra com base nesta, você somente poderá distribuir o material resultante sob uma licença idêntica a esta.

Seguindo essas diretrizes, o presente trabalho decidiu fazer uso de um personagem oferecido sobre essa licença. Esse personagem é fornecido através de um composto de imagens. Porém, sobre essa obra, foram executadas alterações, devido a necessidade de maior mobilidade dos membros, os braços do personagem foram segmentados em duas partes, e um cotovelo liga essas duas partes. Os olhos também foram segmentados da cabeça, permitindo o movimento exclusivo.

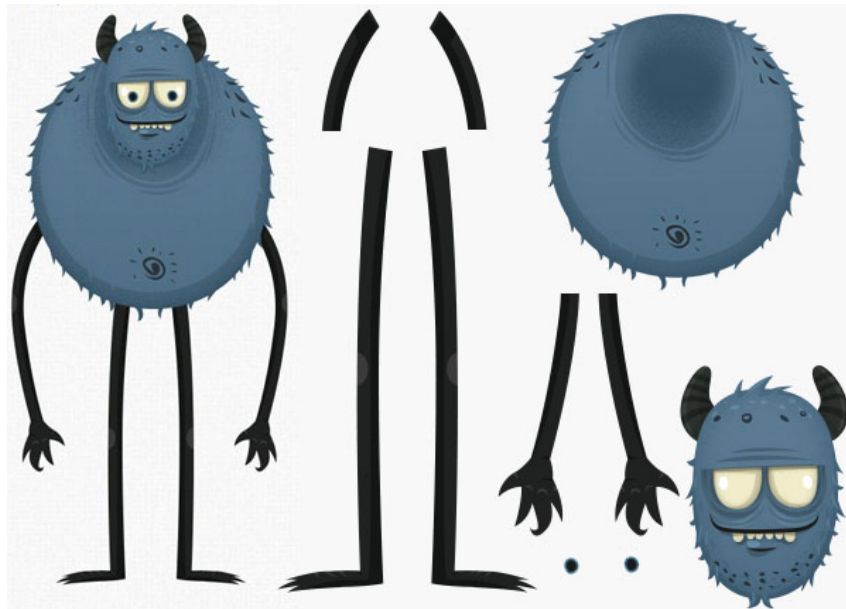
A figura 18 apresenta a ilustração escolhida para representar o instrutor virtual. Busca-se, com um personagem engraçado, estimular o processo de alongamento, tornando o procedimento mais engraçado e descontraído.

5.2 STATUS DO DISPOSITIVO E ACOMPANHAMENTO

Conforme levantado na seção de requisitos, é necessário que o processo de captura seja acompanhado pelo usuário, bem como, o status do dispositivo e eventuais mudanças nesse status. Sendo assim, no topo do aplicativo, foram inseridos dois componentes.

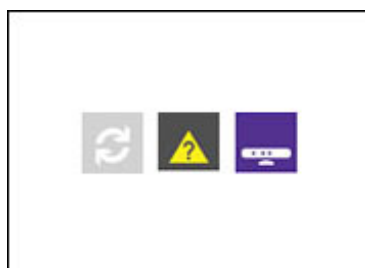
A figura 19 ilustra os componentes empregados no protótipo. Ao iniciar o aplicativo, o status é apresentado, informando se o dispositivo foi iniciado com sucesso. No caso de o dispositivo

Figura 18: Instrutor Monstro



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 19: Componentes Superiores



(a) Status do Dispositivo



(b) Acompanhamento Captura

Fonte: Elaborada pelo autor

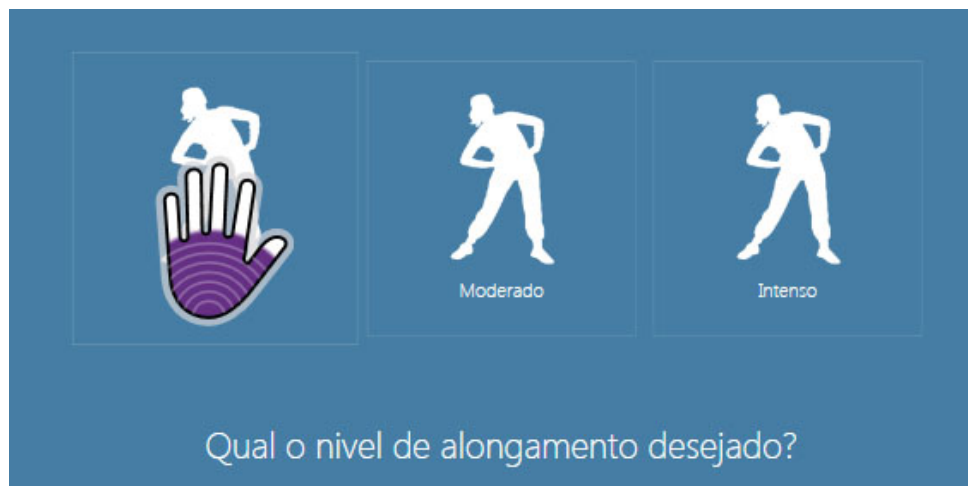
Kinect, ter sido iniciado com sucesso, a caixa de acompanhamento da captura é apresentada, e o usuário pode utilizá-la para posicionar-se adequadamente, melhorando a precisão de captura.

5.3 RESPOSTA DE INTERAÇÃO

O presente projeto faz uso do conceito NUI. Para que o usuário, ao utilizar sistemas que fazem uso desse conceito, possa usufruir de uma experiência transparente, é necessária atenção para o *feedback* dos componentes (WIGDOR; WIXON, 2011).

Partindo dessa afirmação, os componentes do protótipo, que recebem algum tipo de interação, apresentam um efeito diferenciado no momento que o ponteiro, guiado pela mão do usuário, passa sobre a sua área.

Figura 20: Efeito de Resposta



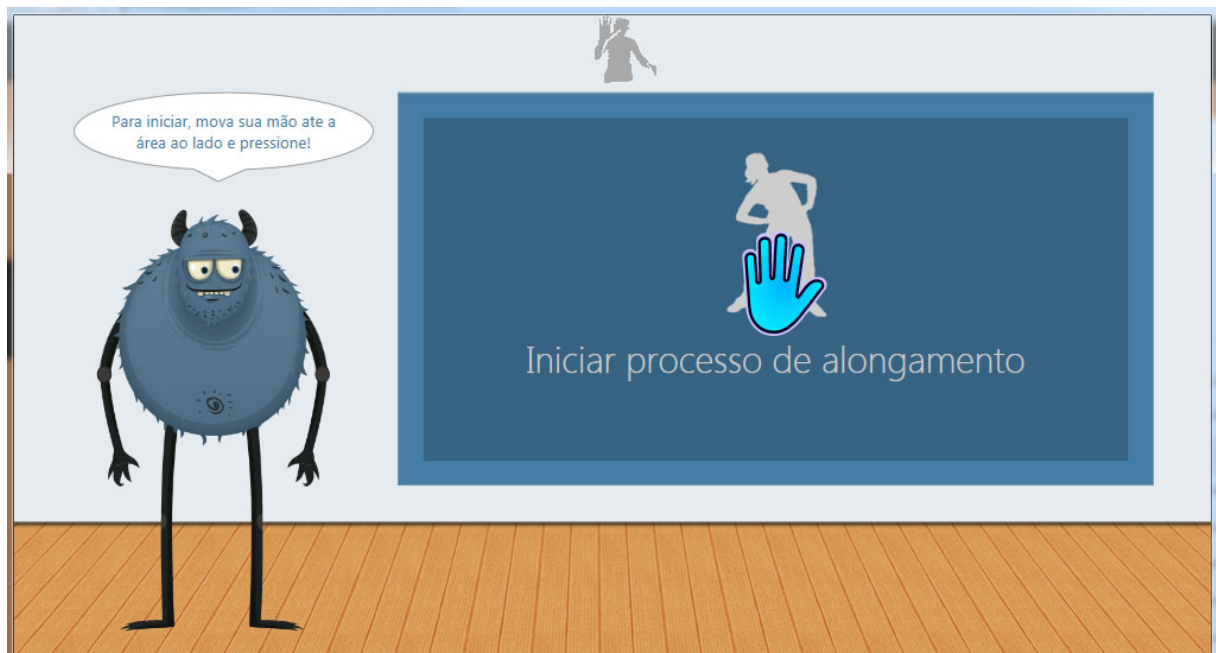
Fonte: Elaborada pelo autor

A figura 19a ilustra o efeito de resposta utilizado pelo protótipo. O usuário, ao perceber esse efeito, entende, de forma natural, que ele pode efetuar alguma ação diferente dentro dessa área, pois o próprio comportamento do componente é diferenciado.

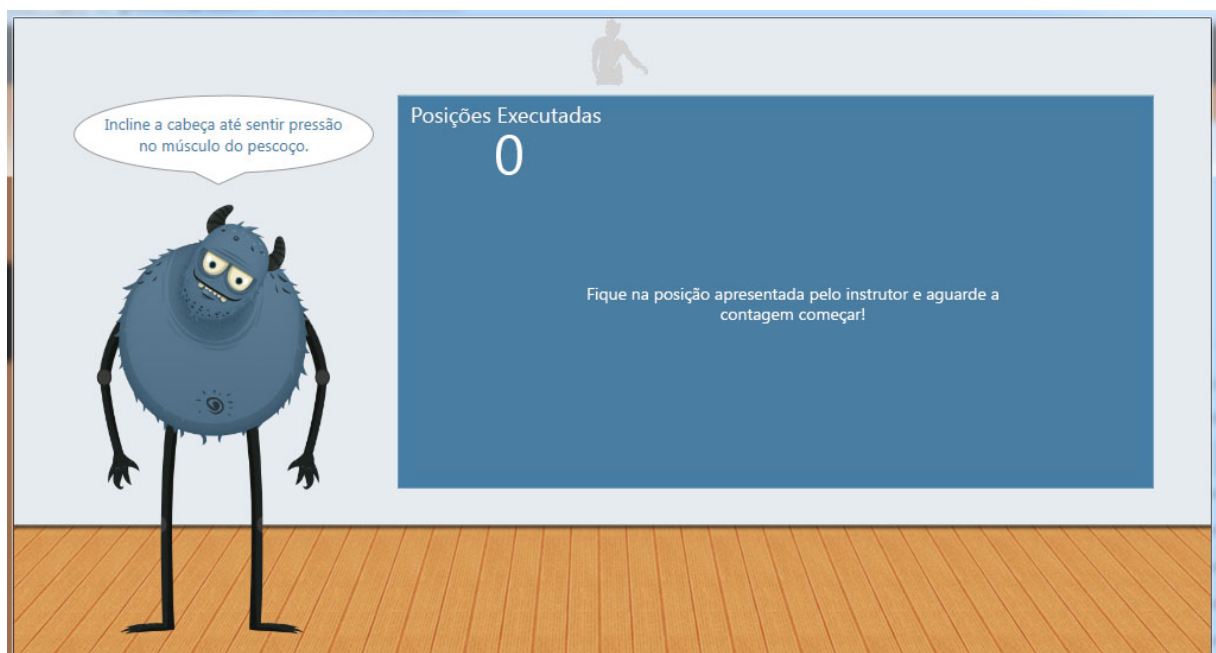
5.4 TELAS FINAIS

Integrando os componentes, utilizando as ferramentas e recursos apresentados, o sistema em questão foi elaborado. Dentro dessa seção acompanha-se a transformação dos protótipos de tela, em telas operantes.

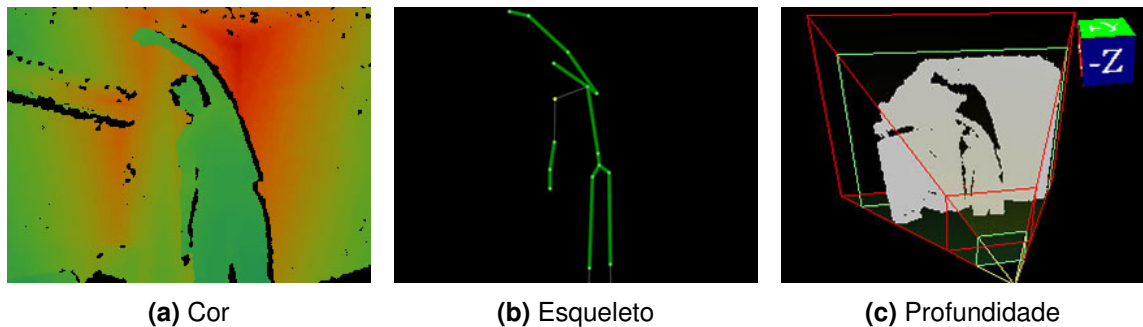
Conforme ilustrado pelas figuras 21 e 22, é possível visualizar o resultado final do processo de desenvolvimento. Os protótipos de tela foram fundamentais para agilizar a criação das telas, uma vez que a disposição dos itens foi pensada com antecedência, permitindo o foco na codificação.

Figura 21: Tela Principal Final

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 22: Tela de Alongamento Final

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 23: Reconhecimento de Posição 1

Fonte: Elaborada pelo autor

5.5 TESTES DE ALONGAMENTO

Na tela de alongamento, detectam-se duas posições, conforme apresentando anteriormente no presente trabalho. Essas posições são apresentadas pelo instrutor virtual, e o usuário deve executá-las em seguida. Mediante detecção da posição, inicia-se a contagem regressiva. Ao fim da contagem, é requisitado que a mesma posição seja executada no lado contrário, e a contagem regressiva iniciada novamente. Tendo o usuário executado a posição completa (ambos os lados), o sistema passa para a próxima posição.

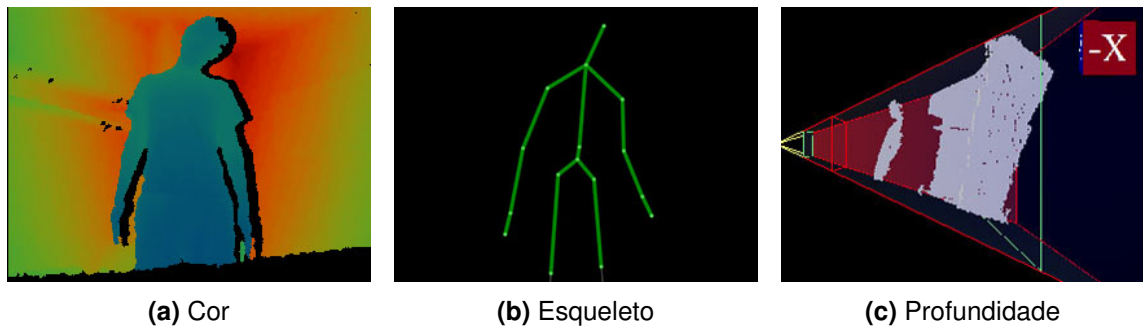
A figura 23 apresenta o usuário executando a posição 1, de alongamento das costas, o algoritmo elaborado para fazer o reconhecimento dessa posição, detecta as seguintes condições:

- a) Uma mão está sobre a cabeça;
- b) O tronco e a cabeça estão inclinados;
- c) As inclinações estão para o lado correto;
- d) As inclinações são menores que 90 e maiores que 45 graus;
- e) A outra mão está abaixo da cintura.

Utiliza-se o fluxo de dados de mapeamento do esqueleto virtual, fornecido pela SDK, para encontrar as posições, dentro de um plano tridimensional, de cada membro. Os membros possíveis de acompanhamento, são ilustrados pela figura 9.

Ao concluir a posição de alongamento das costas, a posição de alongamento do pescoço passa a ser reconhecida. A figura 24 ilustra o reconhecimento dessa posição 2.

O algoritmo responsável pela detecção dessa posição, baseia-se no fluxo de dados do esqueleto virtual, através da posição dos membros dentro de um plano tridimensional, é verificado se a cabeça do usuário está inclinada a menos de 90 e mais de 45 graus, e as mãos estão abaixo da cintura, ao cumprir com as condições, o processo de contagem regressiva inicia-se.

Figura 24: Reconhecimento de Posição 2

Fonte: Elaborada pelo autor

Com esse capítulo e suas respectivas seções, apresentou-se os resultados e testes aplicados no protótipo desenvolvido. Buscando concluir o presente projeto, o capítulo final apresenta as conclusões encontradas durante o período de elaboração do trabalho, desde de o embasamento teórico, até o resultado acompanhado nesse capítulo.

6 CONCLUSÃO

Partindo do conteúdo elaborado no presente trabalho, é possível identificar a importância do processo de alongamento, seja ele executado antes de uma série de exercícios, ou depois. Mediante extensa pesquisa dentro da área de saúde, verifica-se, de fato, a falta de inovação tecnológica do setor de academias de ginástica, e encontra-se nesse ponto, uma forte justificativa para extensão dos trabalhos em busca de transformar o protótipo elaborado, em um produto de fato.

Ainda nesse sentido, encontra-se um momento propenso para utilização de dispositivos como o Kinect, muitas são as fontes de inspiração para criação de sistemas que automatizem tarefas complexas. É perceptível também, uma tendência de convergência para novos modelos de utilização de *software*, o Kinect é somente uma das frentes que impulsiona essa mudança, aparelhos como Leap Motion e MYO, também exploram o uso do corpo como ferramenta de interação.

O desenvolvimento do protótipo em questão, utilizando os recursos de captura do dispositivo Kinect, mostrou-se melhor do que o esperado, pois o aparelho e sua SDK são novos no mercado (2011), levando em consideração o processo de maturação de dispositivos na área de informática. Cumprindo com os requisitos levantados na parte de análise de projeto, o *software* e *hardware* apresentaram precisão na detecção de posições, validando e estimulando futuros investimentos em *softwares* semelhantes ao elaborado.

O aprendizado adquirido durante a elaboração desse projeto, mostra-se de grande valia, pois, a convergência para esse tipo de tecnologia parece inevitável, o que consequentemente vai demandar profissionais com experiência nos recursos utilizados no presente trabalho. Ademais, o presente projeto faz-se importante para o meio acadêmico, e comunidade de desenvolvimento de *software*, uma vez que os códigos e materiais elaborados serão todos disponibilizados em um repositório público, tornando possível a colaboração para o desenvolvimento do sistema, ou a utilização como fonte de pesquisa.

Partindo do protótipo elaborado, é possível elencar algumas implementações que resultariam na extensão do projeto para trabalhos futuros, como: implementação de redes neurais virtuais na detecção de movimentos, a ligação dos movimentos do usuário a um personagem animado em tempo real, o aumento de precisão usando conceitos de segmentação de fundo, complementando as funções da SDK. São diversas as formas de extensão dos conhecimentos apresentados, uma vez que esse segmento é novo e pouco explorado.

Diversas foram as dificuldades na elaboração do presente trabalho, vale citar: a pouca experiência do autor com a linguagem de programação requerida para o desenvolvimento na *framework* .NET; o longo tempo sem contato com a plataforma em questão; os conceitos novos

abordados, fazendo com que as fontes de pesquisa sejam poucas, e em sua maioria exijam maior interpretação, pois as respostas não estão evidentes. Mesmo com diversas dificuldades, o processo se mostrou divertido e enriquecedor, o ato de levantar da cadeira para testar um sistema, é fantástico. A interação com o ambiente virtual através do corpo torna o processo interessante e desafiador.

É com prioridade que afirmo, a experiência de uma aplicação com precisão na detecção, qualidade no *feedback*, e conteúdo bem elaborado, utilizando o Kinect como dispositivo de captura, vai, sem dúvida, despertar o interesse do usuário, e prender a sua atenção por certo tempo. Sendo assim, pretendo continuar me dedicando ao estudo desse segmento, criando aplicativos de qualidade, que despertem cada vez mais a atenção do público geral, motivando, ainda mais, o investimento e busca por tecnologias diferenciadas, que agreguem valor a outras áreas, de forma simples e funcional.

REFERÊNCIAS

- ALECRIM, E. *O que é Creative Commons e por que usá-la?* 2006. Disponível em: <<http://www.infowester.com/creativecommons.php>>. Acesso em: 29 de mar. de 2013.
- ALTER, M. J. *Aalongamento Para os Esportes*. 2. ed. São Paulo: Manole, 1999.
- ALVARENGA, M. L. T.; CORREA, D. S. O.; OSÓRIO, F. S. *Redes Neurais Artificiais aplicadas no Reconhecimento de Gestos usando o Kinect*. 2012. Disponível em: <<http://irm.icmc.usp.br/wiki/images/1/1a/COTB2012-MatheusLin.pdf>>. Acesso em: 19 de nov. de 2012.
- ARRAIS, M. *Natural User Interface: uma revolução da interface*. 2012. Disponível em: <<http://www.minasmarca.com/web/index.php/2012/06/natural-user-interface-uma-revolucao-da-interface/>>. Acesso em: 14 de nov. de 2012.
- AZEVEDO, E. *Computação Gráfica - Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Campus, 2003.
- BAGGIO, F. *A atividade física é indispensável na sociedade moderna*. 2010. Disponível em: <<http://www.direcionalcondominios.com.br/felipe-baggio/a-atividade-fisica-e-indispensavel-na-sociedade-moderna>>. Acesso em: 26 de fev. de 2013.
- BLAIR, S. N.; MORRIS, J. N. *Healthy Hearts and the Universal Benefits of Being Physically Active: Physical Activity and Health*. 2009. Disponível em: <<http://www.annalsofepidemiology.org/article/PIIS1047279709000350/abstract>>. Acesso em: 20 de mar. de 2013.
- BLOOMBERG. BLOOMBERG L.P, 2010. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com/>>. Acesso em: 12 de nov. de 2012.
- CARVALHO, A. M. B. R.; CHIOSSI, T. C. dos S. *Introdução à engenharia de software*. Campinas: Campus, 2001.
- COHEN, M.; ABDALLA, R. J. *Lesões nos esportes - Diagnóstico, prevenção e tratamento*. 1. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2002.
- CRAWFORD, S. *HowStuffWorks - Como funciona o Microsoft Kinect*. 2010. Disponível em: <<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/microsoft-kinect5.htm>>. Acesso em: 17 de out. de 2012.
- DÍNAMO VIGILÂNCIA EM SEGURANÇA DO TRABALHO. *Dicas básicas para cuidar da postura em frente ao computador*. 2012. Disponível em: <<http://blog.dinamovigilancia.com.br/seguranca-do-trabalho/dicas-postura-em-frente-ao-computador>>. Acesso em: 29 de out. de 2012.
- DUNCAN, G. *First Kinect PT app goes into clinical trials*. 2012. Disponível em: <<http://channel9.msdn.com/coding4fun/kinect/First-Kinect-PT-app-goes-into-clinical-trials>>. Acesso em: 29 de mar. de 2013.
- FERREIRA, A. *Com R\$ 50 mil é possível abrir franquia de academia*. 2012. Disponível em: <<http://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2012/09/28/com-r-50-mil-e-possivel-abrir-franquia-de-academia.htm>>. Acesso em: 20 de mar. de 2013.
- FOLHA. Folha, 2012. Disponível em: <<http://noticias.bol.uol.com.br/tecnologia/2012/11/01-/game-de-ginastica-para-xbox-360-chega-ao-brasil-por-r-99.jhtm>>. Acesso em: 14 de nov. de 2012.

FONSECA FILHO, C. *História da computação: O Caminho do Pensamento e da Tecnologia*. Porto Alegre: Edipucrs, 2007.

FOWLER, M. *UML Essencial: Um Breve Guia para Linguagem Padrao*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

GENTIL, P. *Musculação: a importância do acompanhamento adequado*. 2011. Disponível em: <http://www.gease.pro.br/artigo_visualizar.php?id=220>. Acesso em: 27 de mar. de 2013.

GHAMOUM, A. K. *A incidência de sedentarismo em professores de educação física da grande Goiânia*. 2009. Disponível em: <http://www.listasconfef.org.br/comunicacao-/Ali_Kalil_Ghamoum.pdf>. Acesso em: 22 de mar. de 2013.

GOLD, A. *Kinect could help cut U.S. healthcare costs by \$30B, researchers say*. 2013. Disponível em: <<http://www.fiercehealthit.com/story/microsoft-kinect-telehealth/2013-02-14>>. Acesso em: 29 de mar. de 2013.

GOMES, O. da F. M. *Processamento e Análise de Imagens Aplicados à Caracterização Automática de Materiais*. 2001. Disponível em: <<http://www.dcmu.puc-rio.br/cursos/ipdi/html-/ogomesmestrado.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. de 2012.

GONÇALVES, W. N. et al. *Técnicas de Segmentação Baseadas em Subtração de Fundo e Modelos de Cores: Um Estudo Comparativo*. 2007. Disponível em: <http://www.gpec.ucdb.br/pistori/publicacoes/goncalves_cmne2007.pdf>. Acesso em: 09 de nov. de 2012.

GUINNESS World Records 2012. Guinness World Records, 2012. Disponível em: <<http://www.guinnessworldrecords.com/>>. Acesso em: 17 de nov. de 2012.

HORSTMANN, C. *Padrões e projetos orientados a objetos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS.

IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology.

<http://web.ecs.baylor.edu/faculty/grabow/Fall2011/csi3374/secure/Standards/IEEE610.12.pdf>, 1990. Disponível em: <<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/microsoft-kinect5.htm>>. Acesso em: 20 de out. de 2012.

MACIEL, L. *Alongamentos para flexibilidade do corpo*. 2013. Disponível em: <<http://revistavivasaude.uol.com.br/bem-estar/alongamentos-para-flexibilidade-do-corpo/623/>>. Acesso em: 27 de mar. de 2013.

MARENGONI, M.; STRINGHINI, D. *Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV*. 2009. Disponível em: <<http://www.gpec.ucdb.br/sibgrapi2008/tutorials/tutorial-2-.pdf>>. Acesso em: 09 de nov. de 2012.

MELO, A. C. *Desenvolvendo Aplicações com UML 2.2*. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MSDN. MSDN, 2012. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973074.aspx>>. Acesso em: 15 de fev. de 2013.

NUSSIO, E. M. *Técnicas de Alongamento*. São Paulo: Marco Zero, 2007.

- OLHAR DIGITAL: Site. 2012. Disponível em: <http://olhardigital.uol.com.br/produtos-/digital_news/noticias/kinect-e-utilizado-em-salas-cirurgicas-em-londrina,-pr>. Acesso em: 29 de mar. 2013.
- PAULA, B. C. de. *Adaptando e desenvolvendo jogos para uso com o Microsoft Kinect*. 2011. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2011/proceedings/sbgames-/papers/tut/1-kinect_FAAST%20_Final_MesmoComColunas.pdf>. Acesso em: 18 de nov. de 2012.
- PRADO NETO, E. X. do; BRUNO, O. M. *Reconhecimento de gestos em imagens de profundidade utilizando Kinect*. 2012. Disponível em: <http://iris.sel.eesc.usp.br/wvc-/Anais_WVC2012/pdf/98015.pdf>. Acesso em: 16 de nov. de 2012.
- RAITEN, S. *Kinect - Getting Started - Become The Incredible Hulk*. 2011. Disponível em: <<http://blogs.microsoft.co.il/blogs/shair/archive/2011/06/17/kinect-getting-started-become-the-incredible-hulk.aspx>>. Acesso em: 06 de nov. de 2012.
- RAMOS, J. J. *Os Exercícios físicos na história e na arte: do homem primitivo aos nossos dias*. 1. ed. São Paulo: IBRASA, 1983.
- RAMOS, R. A. *Treinamento Prático em UML*. São Paulo: Digerati Books, 2006.
- REIMER, J. *A History of the GUI*. 2005. Disponível em: <<http://arstechnica.com/features/2005-/05/gui/>>. Acesso em: 12 de nov. de 2012.
- REYES, A. de los. *Evolution of the user interface*. 2012. Disponível em: <http://en.wikipedia-.org/wiki/Natural_user_interface>. Acesso em: 18 de nov. de 2012.
- REZENDE, D. A. *Engenharia de Software e Sistemas de Informação*. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.
- SANTOS, S. L. dos; TEIXEIRA, F. G. *Design de uma Interface de Interação Tridimensional com Foco na Usabilidade e no Desempenho Gráfico*. Porto Alegre: PgDesign, 2010. Disponível em: <<http://www.pgdesign.ufrgs.br/designtecnologia/index.php/det/article/viewFile/5/4>>. Acesso em: 15 de out. de 2012.
- SEGRE, M.; FERRAZ, F. C. *O conceito de saúde*. 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br-/scielo.php?pid=S0034-89101997000600016>>. Acesso em: 18 de fev. de 2013.
- SERSON, R. R. *Programação Orientada a Objetos com Java*. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- SIGCHI, A. *Curricula for Human-Computer Interaction*. New York, 1992.
- SILVA, C. F. D.; PESTANA, I. C. *A SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO - A CRIANÇA COM DEFICIÊNCIA E AS NOVAS TECNOLOGIAS*. s.d. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millennium-/millennium32/16.pdf>>. Acesso em: 04 de maio de 2013.
- STEPHENSON, N. *In the beginning was the command line*. 1. ed. New York: Avon Books, 1999.
- SZEGO, T. *Alongamentos que previnem a dor nas costas*. 2009. Disponível em: <<http://boaforma.abril.com.br/fitness/body-mind/alongamentos-previnem-dor-costas-501270-.shtml?pagina=1a>>. Acesso em: 26 de mar. de 2013.
- VERGUEIRO, W. *Qualidade em serviços de informação*. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

WANGENHEIM, A. von. *Introdução à Visão Computacional*. 2008. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~visao/regiongrow.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. de 2012.

WEBB, J.; ASHLEY, J. *Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK*. [S.l.]: Apress, 2012.

WIGDOR, D.; WIXON, D. *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*. Burlington: Elsevier, 2011.