

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DE RIO CLARO

EDUARDO TONI RUIZ

**Modelos Computacionais como Recurso para o
Entendimento do Impacto do Sedentarismo
ao Meio Ambiente**

RIO CLARO - SP

2012

EDUARDO TONI RUIZ

**Modelos Computacionais como Recurso para o Entendimento do
Impacto do Sedentarismo ao Meio Ambiente**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do *Campus* de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

ORIENTADOR: Prof. Dr. CARLOS NORBERTO FISCHER

RIO CLARO - SP

2012

EDUARDO TONI RUIZ

**Modelos Computacionais como Recurso para o Entendimento do
Impacto do Sedentarismo ao Meio Ambiente**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do *Campus* de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

Comissão Examinadora

Rio Claro, ___ de _____ de 2012.

*“Na vida, não existem soluções. Existem forças em marcha:
é preciso criá-las e, então, a elas seguem-se as soluções”.*

Antoine de Saint-Exupéry

*A meu pai Ricardo, aos meus padrinhos Roberto e Odette e à minha avó
Paulette
(in memoriam)
DEDICO*

*Ofereço este trabalho aos meus filhos, Larissa e Lucas, à minha mãe
Marilene, à minha irmã Simone e à minha sobrinha Gabriele.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, Nossa Senhora e São José, por conduzirem com sabedoria o tempo de acontecimento das coisas e por me guiar em todos os momentos de minha vida;

Ao Professor Dr. Carlos Norberto Fischer pela orientação, amizade e contribuição na minha formação acadêmica;

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (*Campus* Rio Claro), Instituto de Biociências, Departamento de Educação Física, curso de pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, pelas oportunidades oferecidas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos;

Ao Professor Dr. Afonso Antônio Machado pela amizade e orientação;

Às Professoras Dra.(s) Suraya C. Darido, Cynthia Y. Hiraga, Camila Coelho Greco e Adelita Paoli pelas sugestões neste trabalho;

Aos Professores e amigos Anaruma e Adalgiso por todo apoio;

Aos amigos Flávio, Guy, Lígia, Zé, Fernanda, Ana, Sueni, Luciano, Caio, Bibi, Franz e a todos os colegas do curso de Desenvolvimento Humano e Tecnologias;

Ao amigo Pedro Fernando Vianna Felício pelas conversas e ideias;

Ao amigo David por toda ajuda com os *scripts*;

Aos amigos de toda uma vida, Mário Meirelles, Milton Brandão, Eduardo e Cecília Gross, Leandro e Priscila Gomieiro;

Ao Barack e Jerry pela convivência;

Ao meu pai Ricardo Gustavo Ruiz, a meus tios Roberto e Odette Ruiz e à minha avó Paulette, que já não estão mais aqui, mas que olham sempre por mim e pelos meus, a quem tudo devo;

À minha mãe Marilene Ruiz pelo amor incondicional;

À minha irmã Simone Ruiz por seus conhecimentos, sua paciência e dedicação, por tudo e mais um pouco;

Ao meu cunhado Alexandre Corrêa pela amizade e apoio;

À Cecília e dona Cida, mãe e avó materna dedicadas dos meus filhos, a quem muito devo;

Ao amigo “Blau” pelos conselhos e ensinamentos;

À minha sobrinha Gabriele, querida do titio;

Aos meus filhos Larissa e Lucas, razão da minha vida.

RESUMO

Duas grandes preocupações atualmente tratadas no mundo são o Sedentarismo e o Meio Ambiente.

O Sedentarismo pode ser definido como um comportamento induzido por hábitos decorrentes dos confortos da vida moderna, caracterizado pela falta ou grande diminuição da atividade física. Classificado como doença, este mal tem alcançado proporções alarmantes em todo o mundo, sendo um dos fatores de risco intimamente relacionados ao aparecimento de diversos outros problemas de saúde.

Com relação ao Meio Ambiente, a capacidade humana de modificá-lo, pensando exclusivamente em seu próprio bem estar, é muito grande e ultrapassa facilmente qualquer agente natural em termos de rapidez e potencial de impacto. As preocupações com problemas ambientais vêm se intensificando a cada ano, pois são necessárias mudanças comportamentais urgentes para não agravar ainda mais sua degradação.

Os temas Sedentarismo e Meio Ambiente têm sido tratados de modo isolado em muitos trabalhos. Este projeto de mestrado tem por objetivo estudar os dois temas de forma a correlacioná-los. Para tanto, foram desenvolvidos modelos computacionais e realizadas simulações de modo a possibilitar, de maneira simples, o entendimento do impacto das atitudes individuais relacionadas ao sedentarismo para a deterioração do meio ambiente.

Para o desenvolvimento destes modelos, foram obtidos dados e informações a partir da literatura especializada, como por exemplo, a quantidade de calorias gasta por um indivíduo durante uma caminhada e a quantidade de gases poluentes gerados por veículos automotores. Também foram identificadas formulações matemáticas que possibilitassem o cálculo das quantidades citadas.

Resultados produzidos nas simulações permitem observar possíveis impactos de alguns comportamentos considerados Sedentários sobre o Meio Ambiente, o que leva a concluir que, para tal situação não se agravar ainda mais, faz-se necessário e urgente o desenvolvimento de programas que visem à mudança de comportamento das pessoas.

O que se espera é que os recursos desenvolvidos neste projeto ajudem na conscientização das pessoas para termos uma sociedade sustentável, onde toda iniciativa que aumente a atividade física e reduza a dependência do homem de energias poluidoras seja válida.

PALAVRAS-CHAVE: Sedentarismo, Meio Ambiente, Sustentabilidade, Atividade Física, Modelagem, Simulação.

ABSTRACT

Currently, two major concerns in the world are sedentary lifestyle and the environment.

The sedentary lifestyle can be defined as a behavior induced by habits resulting from the modern life style, characterized by absence or great reduction of physical activity. Classified as disease, this problem has reached alarming proportions worldwide and it is one of the risk factors closely related to the emergence of many other health problems.

Regarding the environment, the capacity of the human being to modify it, considering exclusively their own well-being, is large and easily surpasses any other natural agent in terms of speed and potential impact. Concerns with environmental problems are increasing every year, because behavioral changes are urgently needed in order to avoid further increases in environmental degradation.

Sedentary lifestyle and environmental issues have been treated separately in many scientific works. In order to correlate them, this Ms project aims to study those two subjects together. Thus, computer models were created and simulations were performed to make it possible, in a simply way, to understand the impact of individual attitudes related to physical inactivity in the deterioration of the environment.

Information and data from the specialized literature were used to create these models; for example, the amount of calories expended by an individual during a walk and the amount of pollutant gases generated by automotive vehicles. Mathematical equations were also obtained to enable the calculation of the mentioned quantities.

Results from the simulations allow us to observe the possible impacts of some sedentary behaviors on the environment, which leads to the conclusion that it is necessary and urgent to develop programs aimed at behavior change.

The purpose of the resources developed in this project is to raise people's awareness to have a sustainable society, where every initiative to increase physical activity and to reduce the man's dependence on polluting energy can be valid.

KEY-WORDS: Sedentary lifestyle, Environment, Sustainability, Physical Activity, Modeling, Simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Prevalência de fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis.	21
Figura 2 -	Principais atividades causadoras do aumento do efeito estufa.	34
Figura 3 -	Estágios de desenvolvimento e consumo de energia.	35
Figura 4 -	Gasto energético humano em função do tipo de deslocamento <i>versus</i> emissões de CO ₂ na atmosfera em função do tipo de combustível (veículos automotores).	45
Figura 5 -	Tela do Blender contendo as propriedades e os blocos lógicos.	48
Figura 6 -	Tela geral do <i>Blender</i> .	49
Figura 7 -	Simulação usando o modelo com os objetos “homem” (cubo vermelho) e “veículo automotivo” (cubo azul) em locomoção.	53
Figura 8 -	Detalhes do percurso (avenida) e das janelas nos momentos da simulação (A) inicial e (B) durante o processo.	54
Figura 9 -	Visão 3D dos quarteirões-referência, sentido das ruas e objetos “homem” e “veículo automotivo”.	55
Figura 10-	Visão do sentido de deslocamento e das janelas de “poluição” e “emagrecimento”.	56
Figura 11-	Representação do elevador e escadas antes da simulação (A) e no decorrer do processo utilizando escadas (B).	61
Figura 12-	Simulação do uso do elevador.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais gases responsáveis pelo efeito estufa, atividades relacionadas às emissões, tempo de permanência e taxa de acréscimo desses gases na atmosfera.	33
Tabela 2 - Necessidades energéticas para várias atividades (em kcal.h ⁻¹).	37
Tabela 3 - Nível de Aptidão Física com base no VO ₂ máx.	38
Tabela 4 - Liberação de CO ₂ para a atmosfera em função do tipo de combustível utilizado.	51
Tabela 5 - Valores assumidos de Eficiência e Preço por tipo de combustível	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OMS - Organização Mundial da Saúde
IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*
CMMAD - Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNUMAD - Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
ONU - Organização das Nações Unidas
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
ACSM - *American College of Sports Medicine*
AAP - *American Academy of Pediatrics*
MC&T - Ministério da Ciência e Tecnologia
NCCDPHP - *National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion*
ADA - *American Diabetes Association*
IDF - *International Diabetes Federation*
UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*
CDC - *Centers for Disease Control*
OMM - Organização Meteorológica Mundial
CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica
ONGs - Organizações não Governamentais
GEE - Gases do Efeito Estufa
HDL - *High Density Lipoprotein*
LDL - *Low Density Lipoprotein*
CO₂ - dióxido de carbono
CFCs - clorofluorcarbonetos
CH₄ - metano
O₂ - oxigênio
GNV - Gás Natural Veicular
IMC - Índice de Massa Corporal
MET - *Metabolic Equivalent*
BGE - *Blender Game Engine*
GC - Gasto Calórico
GPS - *Global Position System*

LISTA DE SÍMBOLOS

km - quilômetros

h - hora

min - minuto

s - segundo

km.h⁻¹ - quilômetros por hora

kcal - quilocalorias

kg - quilogramas

ppm - partes por milhão

c.c. - cilindradas

°C - graus Célsius

m - metro

m² - metro quadrado

m.s⁻¹ - metro por segundo

VO₂máx - Volume Máximo de Oxigênio

kW - quilowatts

kW.h⁻¹ - quilowatts por hora

HP - *Horse Power* (ou 1 cavalo-de-força)

R\$ - reais

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 O Sedentarismo e as principais doenças correlatas	18
3.1.1 Obesidade.....	22
3.1.2 Diabetes <i>mellitus</i> tipo 2	24
3.1.3 Hipertensão arterial e doenças coronarianas	25
3.1.4 Doenças cognitivas	26
3.2 Mudanças climáticas.....	28
3.2.1 De Estocolmo até a atualidade: histórico das conferências ambientais internacionais	30
3.2.2 Efeito estufa	32
3.3 A saúde humana, o sedentarismo e o meio ambiente	34
3.4 Modelos, modelagem computacional e simulação.....	39
3.4.1 Componentes do processo de modelagem	41
3.4.2 Avaliação de modelos	42
3.5 Simuladores relacionados existentes.....	43
4. MODELOS DESENVOLVIDOS	46
4.1 O aplicativo <i>Blender</i>	46
4.2 Pedestrianismo e ciclismo <i>versus</i> automóveis.....	49
4.2.1 Estimativas de gasto energético do homem para locomoção horizontal	49
4.2.2 Estimativas da emissão de CO ₂ na atmosfera pelos veículos automotores	51
4.2.3 Processo de simulação - Modelo versão I.....	52
4.2.4 Processo de simulação - Modelo versão II.....	55
4.3 Elevadores <i>versus</i> escadas	58
4.3.1 Estimativas de gasto energético do homem para locomoção vertical	58
4.3.2 Estimativas de emissão de CO ₂ para a produção de energia elétrica de um elevador	58
4.3.3 Processo de simulação	59

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
6.	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICES	79

1. INTRODUÇÃO

Fatores causadores de impactos ambientais são temas de muito interesse há anos. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*, em Inglês) (2007), o aquecimento global é provavelmente o responsável por mudanças nos padrões climáticos mundiais atuais, ocasionando grandes danos tanto ao meio ambiente, como derretimento de geleiras, aumento do nível do mar, alteração no suprimento de água doce, maior número de ciclones e tempestade, quanto aos seres vivos, seja pela diminuição da biodiversidade de espécies animal e vegetal, aumento de doenças ou diminuição na oferta de alimentos.

Goldemberg e Villanueva (2003) relatam que o IPCC vem identificando as evidências das mudanças climáticas desde a publicação do seu “Primeiro Relatório de Avaliação”, em 1990, sendo a ação antrópica, com confiança acima de 90%, como a queima de combustíveis fósseis ou mudança no uso da terra, a principal causa do aumento das emissões de gases de efeito estufa e do conseqüente aquecimento global, o que deu maior legitimidade científica para o estabelecimento dos acordos internacionais que tratam deste problema.

O consenso entre as agências governamentais e entre pesquisadores envolvidos com aspectos referentes à poluição ambiental é que todos os esforços devem ser feitos para reverter, ou pelo menos amenizar esses efeitos buscando, rápida e eficazmente, soluções para o controle de seus agentes causadores. Mais do que isso, ações que viabilizem o “desenvolvimento sustentável” são fortemente encorajadas.

O termo “desenvolvimento sustentável” possui diversas definições, dentre as quais a utilizada pelo governo brasileiro que foi definida no trabalho da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1983: “*o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades*”.

Sob o título “Nosso futuro comum”, o “Relatório Brundtland”, como também é conhecido pela homenagem à sua presidente, Gro Harlem Brundtland, foi publicado em 1988 e mostra parte de uma visão complexa das causas dos problemas socioeconômicos e ecológicos da sociedade mundial. Este relatório apresenta uma série de medidas a serem tomadas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável sem degradar o meio ambiente, com destaque para a necessidade de construção de economias “saudáveis”, baseadas em tecnologias que minimizem os danos ao Meio Ambiente, como por exemplo, o

uso de energia alternativa e renovável, e a necessidade da ampla integração e participação da sociedade civil organizada.

Dentro deste contexto, um dos principais aspectos a serem discutidos para uma ação eficiente contra as mudanças do clima é o padrão de consumo resultante do modelo de desenvolvimento econômico que vivemos atualmente. Além disso, uma discussão que deve ser considerada pertinente, tendo em vista que o padrão de consumo atual é resultado do comportamento atual da sociedade civil, é a contribuição de algumas atitudes consideradas sedentárias aos problemas ambientais.

Outro tópico em evidência atualmente e que vem sendo discutido com bastante seriedade por profissionais que atuam nas mais distintas áreas da Saúde diz respeito ao Sedentarismo. Tratado como um comportamento induzido por hábitos da vida moderna, o sedentarismo é caracterizado pela falta, ou grande diminuição, da atividade física.

Classificado como doença, este mal tem alcançado proporções alarmantes em todo o mundo. Segundo estudos da Organização Mundial de Saúde (OMS/WHO, *World Health Organization*, em Inglês) (2003), um estilo de vida sedentário dobra o risco de desenvolver doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade, aumentando também o risco de desenvolver câncer de cólon e de mama, hipertensão, desordens lipídicas, osteoporose, depressão e ansiedade. Este mesmo estudo ainda indica que, aproximadamente, 2 milhões de mortes a cada ano são atribuídas ao sedentarismo e que a proporção mundial dos adultos que são sedentários varia de 60 a 85%. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) mostram que, em 2008, somente 10,2% da população praticava atividade física com frequência.

Com a evolução da tecnologia e a tendência cada vez maior de substituição das atividades ocupacionais, que demandam gasto energético, por facilidades automatizadas, o ser humano adota cada vez mais a lei do menor esforço reduzindo, assim, o consumo energético de seu corpo. O simples ato de uma pessoa usar seu veículo para ir até a padaria, por exemplo, que está a poucas quadras de sua residência, acaba por contribuir para o aumento da poluição do ar, não trazendo benefício algum, em termos de saúde, para o condutor do veículo. O mesmo raciocínio se aplica ao indivíduo que utiliza o elevador para chegar ao segundo andar de um edifício. Ele não só deixa de gastar calorias como ainda contribui para a piora da crise energética.

Sendo assim, faz-se necessário conscientizar a população quanto à importância da mudança de hábitos. Para tanto, esforços devem ser direcionados na criação de recursos

auxiliares que ajudem a demonstrar os possíveis impactos do sedentarismo sobre o meio ambiente e possibilitem a análise e a busca de soluções para este problema.

Neste tocante, destaca-se a modelagem computacional, que permite a criação de representações, os chamados modelos, para fenômenos e sistemas de interesse. Estes modelos podem ser formulações matemáticas, associadas ou não a representações gráficas. Através da chamada simulação computacional podem ser criados vários cenários representativos, reais ou hipotéticos, relacionados a um modelo, possibilitando melhores análises e entendimento do evento considerado, na busca de soluções para possíveis problemas associados. Em geral, a representação gráfica de eventos facilita e agiliza estas duas atividades. A modelagem e a simulação computacionais englobam diferentes áreas de pesquisa e possibilitam a criação de cenários alternativos de maneira relativamente simples e rápida e com menor custo quando comparadas a algumas outras formas de experimentação.

Nesta Dissertação, apresentam-se capítulos que abordam os seguintes temas, a saber: Capítulo 3 - Revisão Bibliográfica sobre as áreas de pesquisa envolvidas neste projeto - Sedentarismo, Meio Ambiente e Saúde Humana, bem como os principais conceitos e técnicas de modelagem computacional empregada para a melhor compreensão da interação de seus componentes, por meio do desenvolvimento de modelos e simulações. Para tanto, foram analisados os principais trabalhos na área de interesse para a obtenção de índices técnicos que possibilitassem a criação dos modelos e a realização das simulações. O Capítulo 4 trata dos Modelos desenvolvidos nesta Dissertação e do software de animação *Blender*, com ênfase para o desenvolvimento do modelo pedestrianismo e ciclismo *versus* automóveis e o modelo que abrange a relação elevadores *versus* escadas. Por fim, são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

2. OBJETIVOS

Este trabalho de mestrado teve por objetivo mostrar possíveis contribuições de atitudes consideradas sedentárias para a degradação do meio ambiente. Para a viabilização desta ideia foram desenvolvidos modelos computacionais e executadas simulações, utilizando aplicativo específico, dados e formulações obtidos em literatura disponível. Para tanto, foram criados modelos com representações gráficas que permitem mostrar a relação entre estes dois tópicos, úteis no processo de conscientização, possibilitando às pessoas avaliarem e adequarem suas atitudes no que se refere à relação sedentarismo *versus* meio ambiente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são abordados aspectos relacionados aos temas de interesse do trabalho, a saber: as principais doenças relacionadas ao sedentarismo (item 3.1); os tópicos de maior interesse sobre mudanças climáticas (item 3.2); a relação da saúde humana, sedentarismo e o meio ambiente (item 3.3); modelagem e simulação computacionais (item 3.4); simuladores existentes (item 3.5).

3.1 O Sedentarismo e as principais doenças correlatas

Descrevem-se neste tópico as seguintes doenças correlatas ao sedentarismo: obesidade, diabetes *mellitus* tipo 2, hipertensão arterial e doenças coronarianas e doenças cognitivas.

A atividade física é definida como qualquer movimento corporal produzido pela musculatura esquelética - portanto voluntário - que resulte num gasto energético acima dos níveis de repouso (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985, p.127). Esta definição considera quatro contextos principais: o trabalho, as atividades domésticas, o transporte e as atividades de lazer.

O exercício físico é erroneamente utilizado como sinônimo de atividade física; porém, apesar de interligados, esses termos são distintos. De acordo com Fahey e Insel e Roth (1999), o exercício físico é definido como uma atividade física planejada, estruturada, repetitiva, que objetiva o desenvolvimento da aptidão física, de habilidades motoras ou a reabilitação orgânico-funcional. Aptidão física, por sua vez, é tida como a capacidade de realizar as atividades físicas, sendo dependente de características inatas e/ou adquiridas por um indivíduo (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985, p.127) e pode ser abordada tanto no âmbito de habilidades físicas quanto de saúde.

É importante elucidar que “saúde” deve ser entendida não apenas como um estado de ausência de doenças nos indivíduos, mas como uma condição geral de equilíbrio nos diferentes aspectos e sistemas que caracterizam o homem - biológico, psicológico, social, emocional, mental e intelectual - resultando em sensação de bem-estar (MIRANDA-SÁ JR, 2004, p.15). Portanto, pode-se entender por sedentarismo a falta, ou grande redução, de atividade física capaz de afetar potencialmente a “saúde” de um indivíduo.

Segundo o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM, *American College of Sports Medicine*, em Inglês) (2000), o hábito de exercitar-se deve ser encorajado pelos familiares e escolas desde os primeiros anos de vida de uma criança, para que estas se tornem

adolescentes e adultos que tenham como hábito a prática de exercícios físicos por toda a vida, com o intuito de desenvolver e manter condicionamento físico suficiente para melhoria da capacidade funcional e da saúde. Vários autores como Sallis e Owen (1998), Bauman e Smith (1999), Stahl e Rutten e Nutten (2001) também corroboram com esta informação: o ambiente social é o mais forte prognóstico para que as crianças se tornem fisicamente ativas. Em suas pesquisas, estes autores apontam que as crianças que percebiam baixos níveis de apoio social vindos de seu ambiente (família, colegas e escola) eram duas vezes mais propensas a serem fisicamente inativas do que aquelas que relataram um alto nível de apoio social.

Para Matsudo (2009), os efeitos benéficos da prática regular da atividade física têm sido amplamente estudados e incluem:

- (i) **Efeitos antropométricos:** controle ou diminuição da gordura corporal; manutenção ou incremento da massa muscular, força muscular e da densidade óssea; fortalecimento do tecido conectivo; melhora da flexibilidade.
- (ii) **Efeitos metabólicos:** aumento do volume de sangue circulante, da resistência física em 10-30% e da ventilação pulmonar; diminuição da frequência cardíaca em repouso e no trabalho submáxima e da pressão arterial; melhora nos níveis de HDL (lipoproteínas de alta densidade) e diminuição dos níveis de triglicérides, colesterol total e LDL (lipoproteínas de baixa densidade), dos níveis de glicose - diminuição de marcadores anti-inflamatórios associados às doenças crônicas não transmissíveis; diminuição do risco de doença cardiovascular, acidente vascular cerebral tromboembólico, hipertensão, diabetes tipo 2, osteoporose, obesidade, câncer de cólon e câncer de útero.
- (iii) **Efeitos cognitivos e psicossociais:** melhora do autoconceito, autoestima, imagem corporal, estado de humor, tensão muscular e insônia; prevenção ou retardo do declínio das funções cognitivas; diminuição do risco de depressão; diminuição do estresse, ansiedade, depressão e consumo de medicamentos e incremento na socialização.
- (iv) **Efeitos nas quedas:** redução de risco de quedas e lesão pela queda; aumento da força muscular dos membros inferiores e coluna vertebral; melhora do tempo de reação, sinergia motora das reações posturais, velocidade de andar, mobilidade e flexibilidade.
- (v) **Efeito terapêutico:** efetivo no tratamento de doença coronariana, hipertensão, enfermidade vascular periférica, diabetes tipo 2, obesidade, colesterol elevado, osteoartrite, claudicação e doença pulmonar obstrutiva crônica; efetivo no manejo de

desordens de ansiedade e depressão, demência, dor, insuficiência cardíaca congestiva, síncope, acidente vascular cerebral, profilaxia de tromboembolismo venoso, dor lombar e constipação.

Atualmente, muitos estudos têm sido realizados em diferentes áreas, como Medicina, Educação Física e Fisiologia do Exercício, reforçando as evidências de que a prática de atividade física contribui significativamente na redução de risco de morte por todas as causas (INOUE; SHONO; MATSUMOTO, 2006, p. 205; MELZER; KAYSER; PICHARD, 2004, p. 642).

Pesquisas pioneiras envolvendo o sedentarismo e longevidade merecem destaque: Em estudo realizado com mais de 125.000 indivíduos, Chen et al. (2005) mostraram que a atividade física na idade adulta jovem foi inversamente relacionada com o risco de Parkinson (60% menos risco nos homens que realizavam atividade física vigorosa por mais de 10 meses por ano). Em pesquisa conduzida por Cherkas et al. (2008) evidenciou-se que o estilo de vida sedentário tem um efeito no comprimento dos telômeros dos leucócitos e, portanto, pode acelerar o processo de envelhecimento.

Muitas vezes, as pessoas não conseguem atingir as recomendações mínimas de atividade física somente contando com o trabalho, transporte e tarefas domésticas, necessitando da realização de exercício físico no tempo livre ou como forma de lazer. Pensando nos benefícios proporcionados pela prática de atividade física, a realização de exercício físico durante o lazer deve ser prioridade. Apesar dos benefícios fisiológicos, psíquicos e sociais comprovados, muitas pessoas ainda dizem não ter condições de exercitar-se.

Para Araújo e Araújo (2000), o progresso tecnológico ocorrido nos países desenvolvidos e industrializados tem resultado no aumento do sedentarismo, seja pelas formas de emprego e de trabalho, que acarretam diminuição de atividade física, seja nas formas de incentivos de atividades hipocinéticas para o uso das populações em suas horas de lazer, sobretudo para as crianças e adolescentes, aumentando, precocemente, os altos índices de sedentarismo.

Vários estudos apontam para um elevado índice de sedentarismo em todos os grupos etários, variando de 50% a mais de 80% na população mundial. Nos Estados Unidos, mais de 60% dos adultos e em torno de 50% dos adolescentes são considerados sedentários, de acordo com *National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (NCCDPHP)* (MENDES et al., 2006, p.52; SILVA et al., 2005, p.388).

Segundo autores como Blair e Connelly (1996), o sedentarismo está relacionado ao desenvolvimento de várias doenças crônicas não transmissíveis. Como pode ser observado na Figura 1, este mal é o principal fator de risco ao aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis, uma vez que favorece o surgimento de outras doenças, como a obesidade e a hipertensão, por exemplo.

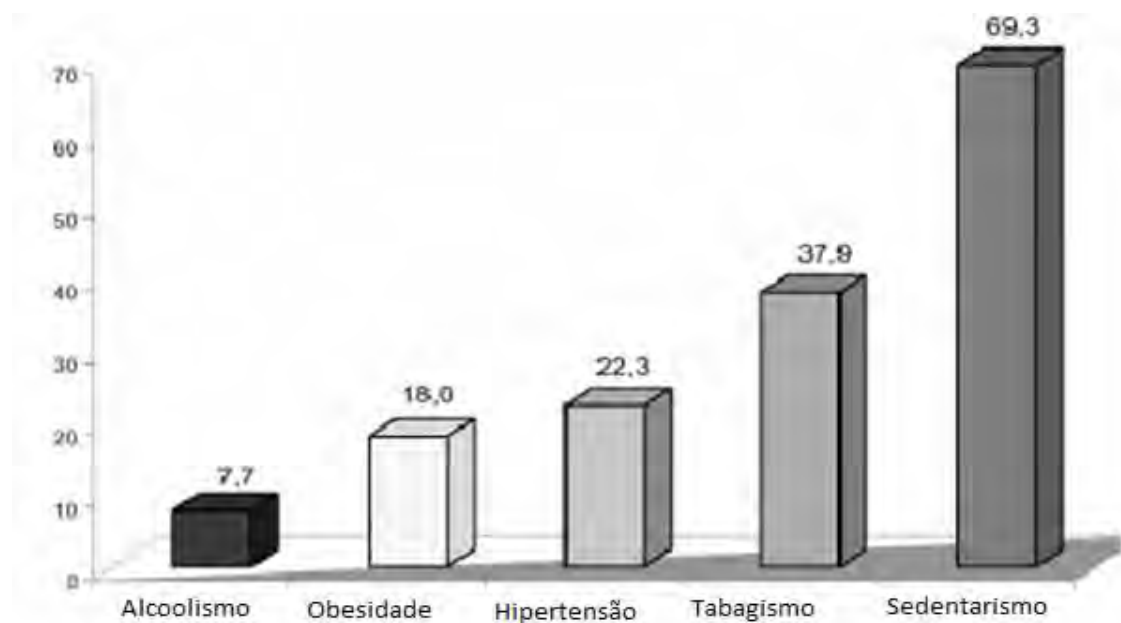


Figura 1 - Prevalência de fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis.

Fonte: Rego et al.(1990).

É consenso que as pessoas que deixam de ser sedentárias e passam a fazer parte do grupo considerado moderadamente ativo são as que apresentam os maiores ganhos para a saúde. Contudo, são recentes as iniciativas quanto à aplicação de programas de exercícios físicos relacionados à promoção da saúde, sendo a grande maioria direcionada a combater agravos crônico-degenerativos de característica cardiovascular e metabólica, como as doenças do coração e obesidade.

No entanto, há de se salientar que mudar hábitos e comportamentos não é uma tarefa fácil e algumas barreiras têm dificultado a prática do exercício físico. Devido ao crescente aumento das tecnologias que economizam o trabalho nas atividades domésticas e de trabalho, a manutenção da atividade física se torna cada vez mais dependente da prática de esportes, que nem sempre é realizada em função de dificuldades econômicas, falta de segurança, dificuldade de acesso, falta de locais disponíveis em regiões de alta concentração habitacional e a pouca valorização - ou falta - de estrutura da educação física em escolas e universidades.

Portanto, o conforto da automação, o uso exagerado do controle remoto de aparelhos eletrônicos e a facilidade dos meios de comunicação, que inegavelmente tornaram nossas tarefas diárias mais confortáveis, também nos deixaram mais sedentários e vulneráveis às doenças que este mal traz consigo (FOREYT; GOODRICK, 1995, p.134).

Programas de incentivo à prática de atividade física precisam ser estimulados por políticas públicas (ACSM, 2000). O ato de exercitar-se precisa estar incorporado não somente ao cotidiano das pessoas, mas também à cultura popular, aos tratamentos médicos, ao planejamento da família e à educação infantil. Essa necessidade se dá por diferentes fatores: (i) fator social, quando se proporciona ao homem o direito de estar ativo fisicamente em grupo; (ii) fator econômico, quando se constata que os custos com saúde individual e coletiva caem em populações fisicamente ativas (ARAÚJO; ARAÚJO, 2000, p. 196) e (iii) fator ambiental.

3.1.1 Obesidade

A palavra “obesidade” deriva do latim *obesus*, que significa gordura em demasia.

De acordo com Flegal et al. (1998) a presença da obesidade está relacionada ao desequilíbrio na deposição de gordura corporal, consequente a um balanço energético positivo resultante do aporte energético de origem alimentar maior que o gasto metabólico. Para Jequier (2002), a maior ou menor capacidade do organismo de aumentar seu estoque de gordura depende da resposta de cada indivíduo em relação ao meio ambiente, ingerindo maior quantidade de energia em função do seu gasto energético, geneticamente adaptado para a disponibilidade de alimentos do meio onde vive.

Considerada epidêmica no mundo atual (HILL; PETERS, 1998, p. 1372; WHO, 2000), a obesidade atinge especialmente os países desenvolvidos. Entretanto, Popkin (2002) ressalta que esta condição está aumentando nos países em desenvolvimento, onde estima-se que ocorrerão os maiores incrementos dessa doença no decorrer deste século. Para Booth e Pinkston e Poston (2005), este mal ainda é pouco evidente em sociedades com hábitos rurais em que coexistem períodos de fartura e de deficiência de alimentos dependentes da prática de caça ou extrativismo.

Dados recentes do IBGE (2010) confirmam a evolução no perfil antropométrico e nutricional de toda a população brasileira, incluindo crianças e adolescentes no período de 1974/1975, 1989, 2002/2003, quando foi observada uma redução considerável na prevalência de desnutridos, enquanto o excesso de peso e obesidade aumentaram, continua e intensamente, em ambos os sexos. Nessa pesquisa observou-se que, em 2009, uma em cada

três crianças de 5 a 9 anos estava acima do peso recomendado pela OMS (WHO, 2007). Já o déficit de altura (importante indicador de desnutrição) caiu de 29,3% (1974-75) para 7,2% (2008-09) entre meninos e de 26,7% para 6,3% nas meninas, mas se sobressaiu no meio rural da região Norte: 16% dos meninos e 13,5% das meninas. A parcela dos meninos e rapazes de 10 a 19 anos de idade com excesso de peso passou de 3,7% (1974-75) para 21,7% (2008-09), já entre as meninas e moças o crescimento do excesso de peso foi de 7,6% para 19,4%. Também, o excesso de peso em homens adultos saltou de 18,5% para 50,1% e ultrapassou, em 2008-09, o das mulheres, que foi de 28,7% para 48%.

A obesidade na infância e adolescência tem adquirido características epidêmicas em todo o mundo. Até certo tempo atrás, a preocupação era que uma criança obesa pudesse apenas se tornar um adulto obeso, sem a total compreensão dos reais riscos que tal ocorrência pudesse causar nesse ser ainda em crescimento. Porém, foi a partir de 2003, ano em que foi publicado o primeiro artigo científico que coloca em destaque o termo “Síndrome Metabólica” em adolescentes e a possibilidade de intervenções terapêuticas precoces especificamente voltadas para esse grupamento, que cresceu a preocupação quanto às repercussões advindas da obesidade, que se instala ainda durante a infância e a adolescência, e a presença de um conjunto de alterações metabólicas que ocorre em idades cada vez mais precoces.

Segundo Ronque et al. (2005), uma criança obesa apresenta de 68% a 77% de probabilidade de permanecer obesa durante a adolescência e, a partir dos seis anos de idade, o excesso de peso corporal não desaparece espontaneamente.

Os mecanismos associados à obesidade são a diminuição da atividade física, a diminuição da taxa metabólica e a dieta de mais baixo valor nutricional. O aumento da taxa glicêmica dos alimentos, o tamanho das porções e a forma de como preparar os alimentos, uso frequente de *fast-food* e a diminuição da atividade física têm sido considerados fatores que influenciam na gênese da obesidade.

Assistir à televisão é, talvez, o fator envolvido que exerça maior influência no desenvolvimento da obesidade durante a infância. Alguns estudos, como o de Baruki et al. (2006), relatam que assistir televisão por mais de três horas por dia ou jogar videogame por mais de duas horas por dia são fatores de risco para sobrepeso e obesidade, verificando uma correlação positiva entre o tempo gasto nessa atividade e o índice de massa corporal (IMC) - calculado pela divisão do peso (kg) de um indivíduo pela sua estatura (m) ao quadrado.

O *Framingham Children's Study*, estudo longitudinal com crianças dos 4 aos 11 anos de idade conduzido por Proctor et al. (2003), confirma maiores valores de IMC no grupo que

assistiu mais à televisão (> 3 horas.dia⁻¹) e os menores valores no grupo que assistiu menos ($< 1,75$ horas.dia⁻¹). A Academia Americana de Pediatria (AAP, *American Academy of Pediatrics*, em Inglês) (2003) recomenda que o limite para televisão e videogame é de duas horas por dia.

Conforme a Sociedade Brasileira de Pediatria (2008), as causas endócrinas de obesidade são identificadas em menos que 1% das crianças e adolescentes com obesidade, dentre elas, destacam-se: hipotireoidismo, excesso de cortisol, deficiência de hormônio do crescimento e lesões hipotalâmicas adquiridas. A maioria das crianças com esses problemas tem baixa estatura e ou hipogonadismo.

É previsto para 2015 que aproximadamente 2,3 bilhões de adultos terão sobrepeso e mais de 700 milhões serão obesos (WHO, 2007). Dada esta problemática, uma normativa publicada pelo ACSM em 2000 recomenda que pessoas que possuam sobrepeso e obesidade devem realizar de 250 a 330 minutos de atividade aeróbia por semana, com intensidade moderada de 3 a 6 km.h⁻¹, realizando, assim, um gasto energético de aproximadamente 2000 kcal semanais.

Reis (2009) afirma que a atividade física diminui o risco de doenças cardiovasculares em obesos (efeito hipotensor), além de aumentar a concentração do HDL-colesterol e diminuir a concentração do LDL-colesterol. Verifica-se também aumento da ação da insulina, importante fator para a prevenção da Diabetes Tipo 2.

3.1.2 Diabetes mellitus tipo 2

O diabetes *mellitus* (DM) é uma desordem metabólica caracterizada por hiperglicemia resultante de defeitos na secreção de insulina podendo levar à disfunção de vários órgãos e progressivas complicações, além de maior risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (WHO, 1999).

De acordo com a *American Diabetes Association* (2007), as principais formas de DM são as dos tipos 1 e 2, sendo este último o responsável por 90% dos casos. O DM tipo 1 é ocasionado pela destruição da célula beta do pâncreas, em geral por decorrência de doença autoimune, levando à deficiência absoluta de insulina; já o tipo 2 é provocado predominantemente por um estado de resistência à ação da insulina, associado a uma relativa deficiência de sua secreção. Ocorrem diversos mecanismos de resistência à ação da insulina, sendo o principal deles a obesidade, que está presente na maioria dos pacientes.

O DM tipo 2 e a obesidade são considerados graves problemas nutricionais, de proporções epidêmicas mundiais. O excesso de adiposidade, particularmente o de localização

abdominal, pode aumentar em dez vezes o risco de aparecimento de DM tipo 2, fato que tem aumentado de forma exponencial os números da doença em vários países, inclusive no Brasil (SARTORELLI; FRANCO, 2003, p.32). Esta realidade deveria preocupar as autoridades de saúde, visto que seu tratamento e suas recorrentes complicações têm forte relação com a sobrecarga dos sistemas de saúde e seu crescente ônus.

Segundo estudos da *Internacional Diabetes Federation* (2003), em 2025 cerca de 334 milhões de indivíduos serão portadores de DM tipo 2. Para este mesmo período estima-se que o Brasil esteja entre os 10 países no mundo com maior número de casos desta doença, atrás da Índia, China, Estados Unidos, Paquistão, Indonésia, Rússia e México.

O aumento da incidência e da prevalência do DM tipo 2 no Brasil tem relação com as modificações no consumo alimentar da população local, ou seja, a diminuição do consumo de alimentos ricos em fibras e o aumento da ingestão de gorduras saturadas e açúcares, associados ainda a um estilo de vida sedentário (SARTORELLI; FRANCO, 2003, p.34).

Idade, sexo e suscetibilidade genética são fatores de risco não modificáveis associados ao desenvolvimento do diabetes; entretanto, entende-se que fatores modificáveis como a dieta, o uso de tabaco, o consumo de etanol, as dislipidemias, a hipertensão arterial, o sobrepeso e o sedentarismo estão fortemente associados com o desenvolvimento de DM tipo 2 (WHO, 2003).

Considerando, então, a relação direta do estilo de vida com a incidência do DM tipo 2, a adoção de práticas saudáveis pode contribuir com o controle metabólico e a redução dos fatores de risco para essa doença.

3.1.3 Hipertensão arterial e doenças coronarianas

Segundo o Ministério da Saúde (2001), a hipertensão arterial é uma doença crônica, não transmissível, de natureza multifatorial e assintomática na grande maioria dos casos, que compromete fundamentalmente o equilíbrio dos mecanismos vasodilatadores e vasoconstritores, levando a um aumento da tensão sanguínea nos vasos capaz de comprometer a irrigação tecidual e provocar danos aos órgãos por eles irrigados.

Estudo de Pinheiro e Couto e Silva (2003) ressalta que a hipertensão arterial é uma doença altamente presente na população adulta, cuja prevalência no Brasil oscila entre 22% e 44% e, conforme Ferrais e Buglia (2001), este mal atinge aproximadamente 30 milhões de brasileiros, sendo que cerca de 50% destes não sabem que são hipertensos.

As doenças cardiovasculares representam importante problema de saúde pública não só no nosso meio, mas em todo o mundo, visto que constituem a principal causa de

mortalidade e representam os mais altos custos em assistência médica (GUS; FISCHMANN; MEDINA, 2002, p. 480). Portanto, o binômio sedentarismo-hipertensão é uma associação extremamente perigosa, constituindo fator de risco para inúmeras enfermidades, entre elas as doenças coronarianas.

As doenças coronarianas são distúrbios que envolvem a circulação nas artérias coronárias e, conseqüentemente, afetam a irrigação do miocárdio. Este tipo de distúrbio caracteriza-se pelo estreitamento progressivo, agudo ou crônico, devido ao depósito de substâncias gordurosas na parede dessas artérias. Os depósitos formam-se gradualmente e desenvolvem-se nos grandes ramos das duas artérias coronárias principais, as quais circundam o coração e provêm sangue ao mesmo. Esse processo gradual é conhecido como aterosclerose (MANUAL MERCK, 2011).

Para que o coração se contraia e bombeie o sangue normalmente, o músculo cardíaco (miocárdio) necessita de um fornecimento contínuo, através das artérias coronárias, de sangue enriquecido de oxigênio. No entanto, à medida que a obstrução de uma artéria coronária agrava, pode ocorrer uma isquemia (irrigação sanguínea inadequada) do miocárdio, com conseqüente lesão cardíaca. A causa mais comum de isquemia do miocárdio é a doença arterial coronariana, cujas principais complicações são a angina e o infarto do miocárdio.

Alguns dos principais fatores de risco para doença arterial coronariana são conhecidos e comprovados, como hipertensão arterial sistêmica, tabagismo, dislipidemias, obesidade, sedentarismo, diabetes mellitus e antecedentes familiares. É necessário conhecer a prevalência desses fatores de risco, isolados ou combinados, pois é por meio de sua redução, com programas de prevenção primária e secundária, que objetivaremos a efetividade de qualquer programa de saúde (GUS; FISCHMANN; MEDINA, 2002, p. 481).

Zago e Zanesco (2006) destacam que a prática de atividade física é apontada como um importante agente não farmacológico na prevenção e tratamento da hipertensão arterial, pois durante sua prática regular há aumento do fluxo sanguíneo que desencadeia uma série de reações bioquímicas culminando na vasodilatação.

3.1.4 Doenças cognitivas

Cognição é o ato ou processo de conhecer, que envolve atenção, percepção, memória, raciocínio, juízo, imaginação, pensamento e linguagem. Portanto, entende-se por funções cognitivas aquelas envolvidas no processo de “informação”. Além das habilidades citadas, a aprendizagem, atenção, vigilância, solução de problemas e funcionamento

psicomotor (tempo de reação, tempo de movimento e velocidade de desempenho) também são funções cognitivas.

Dentre os principais fatores de risco que podem aumentar a predisposição de um indivíduo ao prejuízo cognitivo, destacam-se: idade, gênero, histórico familiar, trauma craniano, nível educacional, tabagismo, etilismo, estresse mental, aspectos nutricionais e socialização. Mais recentemente, doenças crônico-degenerativas, hipercolesterolêmica e aumento na concentração plasmática de fibrinogênio e o sedentarismo também estão sendo associados ao maior risco de declínio cognitivo. Segundo Schuit et al. (2001), estes fatores podem ser revertidos ou amenizados pelo exercício físico.

Neste contexto, o exercício físico pode interferir no desempenho cognitivo por diversos motivos: i) em função do aumento nos níveis dos neurotransmissores e por mudanças em estruturas cerebrais (isso seria evidenciado na comparação de indivíduos fisicamente ativos *versus* sedentários); ii) pela melhora cognitiva observada em indivíduos com prejuízo mental (baseado na comparação com indivíduos saudáveis); iii) na melhora limitada obtida por indivíduos idosos, em função de uma menor flexibilidade mental e de atenção quando comparado com um grupo jovem.

A ação do exercício físico sobre a função cognitiva pode ser direta - melhora na circulação cerebral e alteração na síntese e degradação de neurotransmissores - ou indireta - diminuição da pressão arterial, decréscimo dos níveis de LDL e triglicérides no plasma sanguíneo e inibição da agregação plaquetária (VAN BOXTEL et al., 1997, p. 1359).

A prática de exercícios físicos regulares pode acelerar o deslocamento de fase de alguns marcadores biológicos, como a liberação do hormônio melatonina, demonstrando assim uma relação direta com marcadores relacionados ao ciclo sono-vigília. Já o exercício físico noturno, de acordo com Buxton et al. (1997), pode atrasar a curva circadiana de TSH e melatonina em humanos, sendo que o deslocamento de fase pode ser determinado pela duração e pela intensidade do exercício físico de forma compatível com a variação individual, levando-se em consideração se a pessoa é ativa ou sedentária.

Uma discussão cabível ao tema - uma vez que se refere a questões comportamentais - envolve o conhecimento da motivação. Segundo Machado (1997), a chave do controle do comportamento humano é o conhecimento da motivação, sendo de suma importância a consideração da intensidade dos diferentes motivos para seu eficiente controle. Para Bozian e Rejeski e MacAuley (1994 apud MACHADO, 1997, p. 174), a participação regular em exercícios e atividade física é sugerida para resultar benefícios psicológicos e sociológicos.

Conforme Antunes et al. (2001), do ponto de vista psicológico, a atividade física pode ajudar no combate à depressão, atuando como catalisador de relacionamento interpessoal e estimulando a autoestima pela superação de pequenos desafios (benefício sociológico). Em pesquisas com idosos realizada por Mazzeo et al. (1998), verificou-se que a atividade física tem se mostrado eficaz no processo de envelhecimento, por meio de melhorias na qualidade de vida, funções orgânicas e cognitivas.

3.2 Mudanças climáticas

Neste tópico abordam-se as principais causas das mudanças climáticas observadas em nosso planeta pela ação humana, bem como as suas consequências e prognósticos.

Para pesquisadores como Molion (1995), o clima da Terra tem variado “naturalmente” ao longo de sua existência, seja por força de agentes externos ao sistema, como oscilações da atividade solar e dos parâmetros orbitais, seja por força de agentes internos, como atividade vulcânica e tectônica de placas. De fato, a Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície quantidades colossais de gases que formaram, de tempos em tempos, uma espécie de bolha gasosa sobre o planeta, criando um efeito estufa natural. Contudo, a emissão desenfreada de gases que compõem esse efeito estufa tende a reduzir a eficiência com que a Terra se resfria, causando, portanto, seu aquecimento.

É consenso no meio acadêmico e fato aceito pelos principais órgãos governamentais e demais órgãos relacionados ao tema que é a ação do homem a principal causa do aumento no aquecimento global, em função da maior emissão na atmosfera de gases do efeito estufa (GEE). Skinner e Porter (2000) ressaltam que, apesar da influência humana ocorrer dentro de um período de tempo geológico relativamente curto, o seu efeito acumulado e “repentino” pode ser mais forte do que o de agentes naturais (mais lentos).

Segundo Marengo e Soares (2003), desde 1750, nos primórdios da Revolução Industrial, a concentração atmosférica de carbono - um dos gases que impedem que o calor do Sol se dissipe nas camadas mais altas da atmosfera e se perca no espaço - aumentou 31%, e mais da metade desse crescimento ocorreu de cinquenta anos para cá. Durante os primeiros séculos da Revolução Industrial de 1760 até 1960, os níveis de concentração de CO₂ atmosférico aumentaram de uma estimativa de 277 partes por milhão (ppm) para 317 ppm, um aumento de 40 ppm. Durante as recentes quatro décadas, de 1960 até 2001, as concentrações de CO₂ aumentaram de 317 ppm para 371 ppm, um acréscimo de 54 ppm. Este aumento nas décadas recentes corresponde ao aumento no uso de combustível fóssil durante

este período. Esses mesmos autores ainda reportam que, em amostras retiradas das geleiras da Antártica, as concentrações atuais de carbono são as mais altas dos últimos 420.000 anos e, provavelmente, dos últimos 20 milhões de anos.

A temperatura média da atmosfera aumentou cerca de 0,6°C durante o século passado. Porém, os modelos globais do IPCC têm mostrado que, entre 1900 e 2100, a temperatura global pode aquecer entre 1,4 e 5,8°C, o que representa um aquecimento mais rápido do que aquele detectado no século XX e que, aparentemente, não possui precedentes durante, pelo menos, os últimos 10.000 anos (IPCC, 2001).

Algumas consequências notáveis do aquecimento global já foram observadas, como o derretimento de geleiras nos polos e o aumento de dez centímetros no nível dos mares em um século. Uma tendência de aquecimento em todo o mundo, especialmente nas temperaturas mínimas, pode ser agravada pela urbanização. Os modelos globais de clima projetam para o futuro, ainda com algum grau de incerteza, possíveis mudanças em extremos climáticos, como ondas de calor, ondas de frio, chuvas intensas e enchentes, secas e mais intensos e/ou frequentes furacões e ciclones tropicais e extratropicais. Exemplos podem ser observados anualmente: as enchentes e ondas de calor da Europa em 2002 e 2003, os invernos intensos da Europa e Ásia nos últimos anos; o furacão Catarina no Brasil em 2004; os intensos e devastadores furacões no Atlântico Tropical Norte em 2005 (Katrina, Rita, Wilma); as secas no Sudeste do Brasil em 2001, no Sul em 2004, 2005 e 2006, e na Amazônia em 2005 e 2010, entre outros.

Marengo (2008), citando dados da ONU, relata que apenas no decorrer do ano de 2007, 117 milhões de pessoas em todo o mundo foram vítimas de cerca de trezentos desastres naturais, incluindo secas devastadoras na China e na África e inundações na Ásia e na África - em um prejuízo total de US\$ 15 bilhões. Grande parte dos países menos desenvolvidos já enfrenta períodos incertos e irregulares de chuvas e as previsões para o futuro indicam que as mudanças climáticas vão tornar a oferta de água cada vez menos previsível e confiável. A mudança climática significa que os desertos, cedo ou tarde, expulsarão 135 milhões de pessoas das suas terras, sendo que a maioria desses indivíduos mora no Terceiro Mundo.

Segundo previsões da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, em Inglês), 1,8 bilhão de pessoas podem enfrentar escassez crítica de água em 2025, e dois terços da população mundial podem ser afetados pelo problema no mesmo ano. O crescimento explosivo das populações urbanas é também causa alarmante da ameaça global de escassez de água no mundo (BBCBRASIL, 2007).

3.2.1 De Estocolmo até a atualidade: histórico das conferências ambientais internacionais

Em 1972 ocorreu a primeira conferência ambiental de importância mundial, conhecida como Conferência de Estocolmo, nome dado em homenagem ao país sede, também conhecida como Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente. Considerada um marco na agenda internacional ambiental, foi a partir desta convenção que o tema “meio ambiente” tornou-se objeto de discussões e de preocupações diplomáticas. Esta Conferência foi convocada pela Assembleia Geral da ONU especialmente pela necessidade de se discutir temas ambientais que poderiam tornar-se objetos de conflitos, seguindo dois eixos principais: elaborar estratégias para o controle da poluição em suas várias manifestações (do ar, da água e do solo) e discutir a pressão do crescimento demográfico sobre os recursos naturais do planeta, em um momento em que o conhecimento do fato de que tais recursos não eram infinitos começava a se massificar (RIBEIRO, 2003, p. 607).

Dentre os resultados alcançados nesta Conferência destacam-se o aprofundamento das discussões para o estabelecimento de medidas diferentes para países desenvolvidos e em desenvolvimento - medida que se tornou posteriormente o princípio das “responsabilidades comuns, porém diferenciadas” e que continua a fazer parte dos principais acordos ambientais internacionais. Para Domingos (2007), este princípio foi embasado na conceitualização de responsabilidade histórica, ou seja, que os países que se desenvolveram desde a Primeira Revolução Industrial (século XVIII) tinham maior responsabilidade sobre a degradação ambiental e, por isso, ficou decidido que caberiam a esses países as maiores iniciativas de adoção de medidas capazes de amenizar efeitos negativos de todos esses anos de degradação.

O documento resultante da Conferência denominou-se Declaração do Meio Ambiente, onde foi reconhecido o direito ao meio ambiente equilibrado como um direito fundamental do homem. Os 26 princípios existentes no documento constituem um prolongamento da Declaração Universal dos Direitos Humanos (SOARES, 2003, p.23).

A partir dessa Conferência, segundo Ribeiro (2003), várias outras reuniões internacionais foram convocadas com o objetivo de discutir os problemas ambientais, entre os quais as alterações na atmosfera (especialmente sobre a camada de ozônio) e também pela maior ação das Organizações não Governamentais (ONGs) a nível internacional, pressionando líderes, mobilizando a opinião pública mundial e reivindicando ações mais eficazes para a preservação do meio ambiente.

Em 1979 ocorreu, em Genebra, a Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, tendo sido organizada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) das Nações Unidas

para discutir os efeitos danosos das emissões de gases de efeito estufa (GEE). De acordo com Braz (2003), nesta ocasião, os países participantes chegaram à conclusão de que a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e as mudanças no uso do solo aumentaram o montante de CO₂ na atmosfera em 15% durante os 100 anos que precederam esta conferência.

O primeiro grande marco na contextualização das discussões sobre as mudanças climáticas foi o relatório “Nosso Futuro Comum”, resultado do trabalho de uma comissão criada após a Conferência de Estocolmo, sob a presidência da Primeira Ministra da Noruega na época, Gro Harlem Brundtland, que tinha como função discutir temas variados e reformas institucionais que pudessem amenizar o problema da falta de integração entre as agendas ambientais e desenvolvimentistas. Foi a partir deste estudo que surgiu o conceito de “desenvolvimento sustentável” - termo este que promove uma nova forma de se pensar a relação entre as futuras gerações e o ambiente físico, tendo sido oficialmente definido como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (CMMAD, 1987).

O outro grande marco sobre a mesma contextualização foi a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, e que ficou conhecida informalmente como “Rio 92”. Os documentos assinados nesta conferência foram: a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB); a Declaração do Rio; a Declaração sobre Florestas; a Agenda 21 e a Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas. Vários aspectos marcam as diferenças entre as Conferências de Estocolmo e do Rio, como: (i) a necessidade de se incluir nas discussões a relação entre desenvolvimento e conservação ambiental, utilizando como base o conceito do desenvolvimento sustentável; (ii) o aumento significativo da importância dada pelos Estados a uma conferência ambiental internacional, com a participação de 178 países e 114 chefes de Estado nesta última; (iii) ampliação da presença de ONGs, com a realização de diversos eventos paralelos à Conferência do Rio e a mobilização da opinião pública mundial; e (iv) a criação de convenções internacionais.

Em 1990, a Assembleia Geral da ONU encomendou ao IPCC um estudo sobre as mudanças climáticas. Este Painel reuniu mais de 300 cientistas do mundo inteiro para a realização deste trabalho e divulgou algumas conclusões importantes, que propiciaram um maior fundamento científico para o início dos acordos sobre a mudança do clima em nível internacional. Entre essas conclusões, Ribeiro (2003) cita: comprovação de que a temperatura média da Terra estava aumentando, com uma oscilação positiva entre 0,3°C e 0,6°C por década; mudança na dinâmica dos sistemas naturais (elevação no nível do mar e alteração na

distribuição de chuvas); e a constatação de maior presença dos gases de efeito estufa na atmosfera. Este relatório conferiu legitimidade científica para as discussões sobre a mudança do clima e as ações necessárias para mitigá-la ou para os países se adaptarem a ela. Foi com base neste relatório que os países acordaram que era necessário criar uma convenção internacional para lidar com o problema, convenção esta que veio a ser chamada de Convenção do Clima.

Nesse sentido, conforme Ribeiro (2003), essa maior base científica sobre as razões e consequências da mudança do clima influenciou as negociações internacionais seguintes e ao longo das Precon¹ duas posições centralizaram os debates: uma que desejava estabelecer um índice per capita de emissão de GEE na atmosfera, com a taxação de países que ultrapassassem este índice e a criação de um fundo para pesquisas ambientais (liderada pela Malásia) e outra, contrária (liderada pelos Estados Unidos), que procurou esvaziar a ameaça das mudanças climáticas em função da inexistência de dados mais objetivos, mas que reconhecia a necessidade de se manter os níveis de emissão de GEE na atmosfera, posição que saiu vencedora no debate.

3.2.2 Efeito estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural e necessário para a manutenção da vida no planeta, pois, sem ele, a temperatura média da Terra seria muito baixa, impossibilitando a vida tal como conhecemos hoje.

O processo do efeito estufa ocorre da seguinte maneira: a radiação solar emitida pelo Sol em direção à Terra é absorvida pela superfície de maneira natural e redistribuída pela circulação atmosférica e oceânica para depois ser radiada para o espaço, em comprimentos de onda mais longos, denominados radiação infravermelha. Essa radiação, então, é em parte retida pelos GEE, aquecendo a Terra, e outra parte é liberada de volta para o espaço. Em média, para o sistema terrestre, toda a energia solar que chega é equilibrada pela radiação solar que sai. Qualquer fator que altere esse processo, ou mesmo a distribuição da energia dentro da atmosfera, pode afetar o clima, alterando as temperaturas atmosféricas e oceânicas e os correspondentes padrões de circulação e tempo, bem como o ciclo hidrológico.

¹Antes da CNUMAD foram realizadas quatro reuniões para a preparação dos documentos firmados na Rio 92, denominadas Reuniões Preparatórias para a CNUMAD (Precon), ocorridas em Nairóbi (1990), Genebra (março/abril e agosto/setembro de 1991) e Nova York (início de 1992).

Conforme mostra a Tabela 1, o principal gás responsável pelo efeito estufa antrópico é o dióxido de carbono (CO_2), devido a sua contribuição relativa de 60% e tendo como principais origens os combustíveis fósseis e o desmatamento, sendo seu tempo de permanência na atmosfera de 50 a 200 anos. Outro gás de importância ao efeito estufa antrópico é o metano (CH_4), com contribuição relativa de 15% e que possui, também, como uma de suas fontes de origem os combustíveis fósseis, sendo seu tempo de permanência na atmosfera por cerca de 10 anos.

Tabela 1 - Principais gases responsáveis pelo efeito estufa, atividades relacionadas às emissões, tempo de permanência e taxa de acréscimo desses gases na atmosfera.

	Gás Carbônico (CO_2)	Metano (CH_4)	Óxido Nitroso (N_2O)	Clorofluorcarboneto (CFCs)	Ozônio (O_3)	Monóxido de Carbono (CO)	Vapor d'água (H_2O)
Principal fonte antrópica	<u>CF</u> , Desmatamento	Cultivo de arroz inundado, Pecuária, <u>CF</u> , Queima de biomassa	Fertilizantes, conversão do uso da terra	Refrigeradores, Aerossóis, Processos industriais	Hidrocarbonetos (com NO_x), queima de biomassa	<u>CF</u> Queima de biomassa.	Conversão de uso da terra, Irrigação
Tempo de vida na atmosfera	50-200 anos	10 anos	150 anos	60-100 anos	semanas a meses	meses	dias
Taxa anual de aumento	0,5%	0,9%	0,3%	4%	0,5-2,0%	0,7-1,05	?
Contribuição relativa ao efeito estufa antrópico	60%	15%	5%	12%	8%	-	?

Fonte: Krupa (1997)

*CF=combustíveis fósseis

Lima (2005) menciona que, se a taxa atual de aumento desses gases no planeta continuar pelo século atual, as temperaturas médias globais subirão $0,3^\circ\text{C}$ por década, com uma incerteza de $0,2^\circ\text{C}$ a $0,5^\circ\text{C}$ por década de modo que, no ano 2100, o aquecimento global estaria compreendido na faixa de $1,0$ a $3,5^\circ\text{C}$.

Há de se salientar que o desenfreado aumento na emissão destes gases é provocado, especialmente, pelo aumento da exploração de combustíveis fósseis, visando suprir as intensas demandas energéticas oriundas do crescimento econômico (IPCC, 2007), sendo que o desmatamento e atividades ligadas à agricultura também contribuem nesta emissão.

A Figura 2 evidencia que a produção de energia é o principal fator responsável pelo aumento dos GEE, correspondendo a 56% do total, seguido pelos CFCs (17% do total).

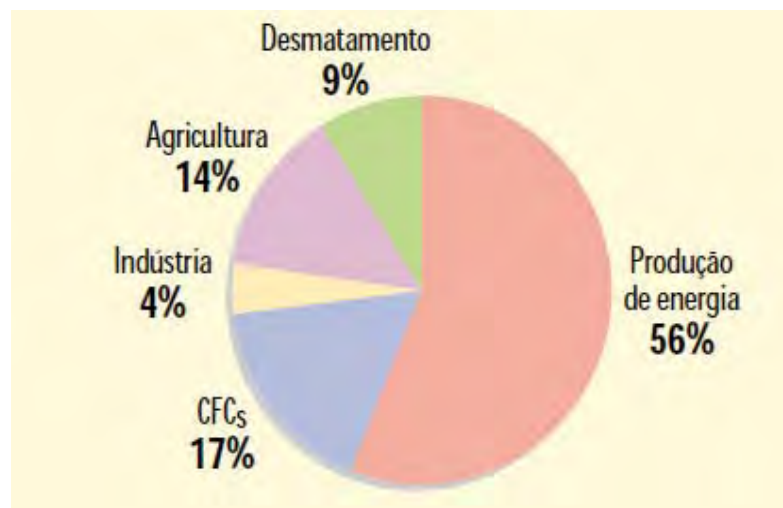


Figura 2 - Principais atividades causadoras do aumento do efeito estufa.

Fonte: Goldemberg e Villanueva (2003).

3.3 A saúde humana, o sedentarismo e o meio ambiente

Estudam-se, neste tópico, algumas relações entre o homem e a natureza.

Alguns trabalhos encontrados na literatura, como o de Miranda e Batista (2009), mostram os reflexos dos problemas ambientais sobre a saúde das pessoas e, como consequência, as dificuldades dessas pessoas em realizar atividades físicas, acarretando mais problemas à saúde. A poluição do ar, por exemplo, pode causar dificuldades de respiração, dificultando a prática de exercícios físicos.

A qualidade de vida e a saúde dos indivíduos remetem a uma situação antagônica entre os benefícios e os malefícios da modernidade. Segundo De Masi (2001), foi a partir dos meados de 1940, com o término da II Guerra Mundial e devido às descobertas da física atômica, da biotecnologia, dos avanços nos meios de transporte e comunicação, da criação de novos materiais, da ascensão da eletrônica, da informática e das telecomunicações que o mundo vem experimentando transformações inéditas. Em contrapartida, são justamente as atividades humanas apontadas como os principais instrumentos de degradação do meio ambiente em todo o mundo, visto que, para atender essa elevada demanda energética oriunda das necessidades da sociedade, a natureza e seus recursos estão sendo intensamente explorados.

De acordo com Goldemberg (2000), o consumo de energia no mundo cresce cerca de 2% ao ano e deverá dobrar em 30 anos, se prosseguirem as tendências atuais. Este crescimento não é uniforme: nos países industrializados é de cerca de 1% ao ano, mas chega a 4% ao ano nos países em desenvolvimento, que estão crescendo rapidamente. Interromper

esse consumo seria comprometer a continuidade da civilização da maneira que conhecemos hoje.

Na Figura 3 observa-se que, quanto mais sofisticado o padrão de vida, maior é a necessidade de consumo de energia. Do homem primitivo para o homem caçador, o consumo diário de energia aumentou de 2.000 kcal para 6.000 kcal e deste último para o homem agrícola primitivo, este aumento dobrou para 12.000 kcal. Nota-se que, a partir do homem agrícola avançado, cujo gasto de energia total per capita por dia era de 20.000 kcal, parte destas calorias eram gastas com o transporte. Do homem agrícola avançado para o homem industrial, o gasto energético mais do que triplicou, passando a 77.000 kcal, sendo novamente observado um grande aumento com os gastos relacionados ao transporte. O homem tecnológico tem um gasto energético total per capita de 230.000 kcal por dia, sendo que somente os gastos com o transporte são superiores ao total gasto pelo homem agrícola avançado. Nesse sentido, observa-se que o aumento no consumo de energia foi progressivo, acompanhando o refinamento da tecnologia desenvolvida pela humanidade para modificar o meio ambiente em seu benefício, entre eles o transporte. Os recursos energéticos disponíveis na Terra, porém, são limitados. Conciliar esse fato com as necessidades humanas é um grande desafio a ser enfrentado pela ciência moderna, independentemente das administrações e das ideologias.

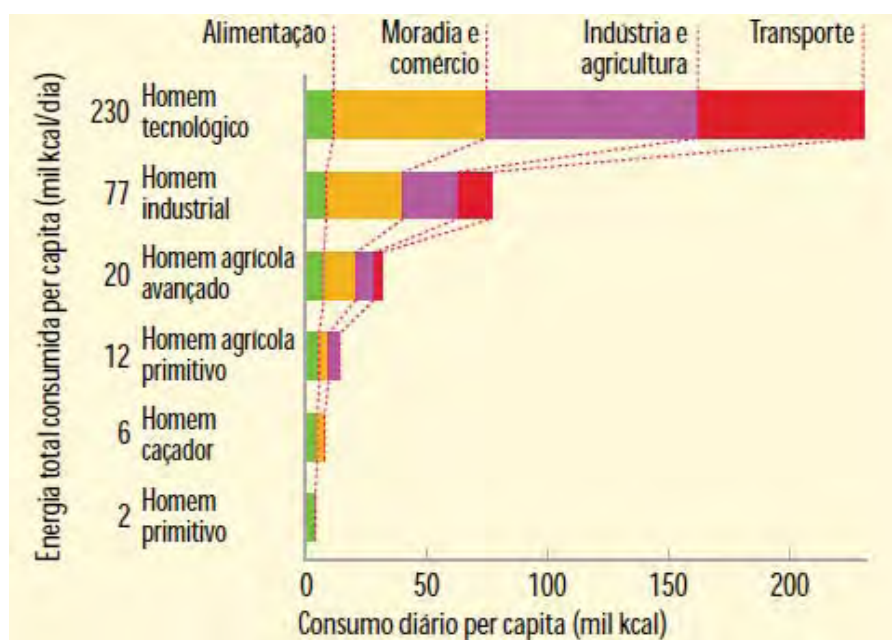


Figura 3 - Estágios de desenvolvimento e consumo de energia.

Fonte: Goldemberg (2000).

Para Oliveira e Tagliani (2009), a capacidade humana de modificar o meio ambiente, pensando exclusivamente em seu próprio bem estar, é muito grande e ultrapassa facilmente qualquer agente natural em termos de rapidez e potencial de impacto. Oriundos deste padrão de desenvolvimento, vários agentes causadores de danos ao meio ambiente se destacam, como, por exemplo, a poluição industrial, a poluição pelos meios de transporte e a produção de lixo e esgoto domésticos.

DeSombre (2007) ressalta que as questões relativas à atmosfera terrestre estão entre os mais globais dos problemas, devido ao fato de que os efeitos advindos do prejuízo aos seres vivos, a partir das mudanças na estrutura da atmosfera, quase não têm relação com o local da atividade que contribuiu para o agravamento do problema ambiental que gerou tal prejuízo.

Enquanto as concepções dominantes do processo “saúde-doença” eram distantes do conceito de “meio ambiente”, a degradação crescente deste meio, principalmente nas áreas urbanas, fez multiplicar os movimentos de caráter ambientalista, que passaram a ter um escopo mais abrangente, mas quase nunca tendo a saúde como prioridade. Apenas mais recentemente, com o agravamento da degradação ambiental e a observação de suas consequências diretas na saúde, é que essas duas áreas passaram a ser vistas de maneira convergente.

Diferentemente do que se acreditava, a crise do meio ambiente urbano está tendo um impacto na saúde maior e mais imediato do que o esperado, advindo de mudanças climáticas globais, chuva ácida, destruição de florestas tropicais e desaparecimento de diversas espécies animais e vegetais. Dentre alguns desses problemas, destacam-se: água e saneamento, moradia, resíduos sólidos (lixo) e poluição do ar.

O futuro é urbano e é neste contexto que se encontra hoje o desafio de promover uma melhor qualidade de vida e saúde dos indivíduos, norteadas pelo desenvolvimento sustentável.

Embora os temas Sedentarismo e Meio Ambiente sejam de extrema importância, estes têm sido tratados de forma isolada um do outro, tendo sido encontrados na literatura poucos trabalhos que correlacionam os mesmos, exceto alguns, como os citados a seguir.

Frank e Andersen e Schmid (2004) mensuraram que cada hora de uso do carro pode representar até 6% a mais de chances de um indivíduo desenvolver obesidade e, no sentido inverso, 1 km de caminhada diária pode promover uma diminuição de 4,8% em tal problema.

Também Matsudo et al. (2006), apesar de não tratarem em específico do impacto do sedentarismo sobre o meio ambiente, propuseram a diminuição do uso do carro como estratégia para alcançar as recomendações para aumentar a atividade física e melhorar a

saúde, como proposto pelo *Centers for Disease Control do American College of Sports Medicine (CDC/ACSM)*: a prática de exercícios físicos com intensidade moderada, pelo menos 30 minutos por dia, cinco vezes por semana, de forma contínua ou acumulada. Os resultados dos estudos mostram que o grupo de transporte ativo (caminhada) foi significativamente melhor sucedido (90,4%) para alcançar a recomendação da CDC/ACSM que o grupo que usou o carro como transporte (75,3%). Essas conclusões apoiam a necessidade de incentivar políticas de promoção de transporte ativo como forma de promoção de saúde.

A Tabela 2 evidencia as diferentes necessidades energéticas em função da atividade realizada, desde as consideradas leves, como permanecer relaxado, que consome 20 kcal por hora, bem como as classificadas como atividade pesado, como andar de bicicletas, cujo consumo médio por hora é de 180 a 600 kcal, até as atividades muito pesados, como correr, que consome 800 a 1.000 kcal por hora.

Tabela 2 - Necessidades energéticas para várias atividades (em kcal.h⁻¹).

Atividade leve		Atividade moderado		Atividade pesado		Atividade muito pesado	
Escrever	20	Dormir	85 -110	Marchar	280 -400	Atividade de Pedreiro	350
Permanecer relaxado	20	Tomar banho	125 -215	Andar de bicicleta	180 -600	Correr	800 -1000
Datilografar	55	Carpintaria	150 -180	Remar	120 -600	Escalar	400 -900
Tocar violino	40- 50	Caminhar	130 -240	Nadar	200 -700	Esquiar	500 -950
Lavar louça	60					Subir escadas	1000
Passar a ferro	60						

Fonte: Adaptado de Cook (1976).

Promover o uso da bicicleta passou a ser uma das metas da OMS, tanto pela necessidade de redução de poluentes no ambiente das cidades (devido à elevada motorização) como pela promoção da saúde (redução de gastos com tratamentos de portadores de doenças crônico-degenerativas), dado os benefícios que a sua utilização como meio de transporte pode representar a médio e longo prazo (DORA, 1999, p.1688).

Para que uma pessoa possa se favorecer dos benefícios da prática regular de atividade física, a recomendação da OMS é que sejam acumulados, pelo menos, 30 minutos de atividade física por dia, podendo ser esta formal ou de lazer, de maneira contínua ou

acumulada em sessões de pelo menos 10 minutos (WHO, 2005). Haskell et al. (2007) sugerem ao menos 20 minutos de atividade física vigorosa por, pelo menos, 3 dias da semana.

Nesse tocante, um item que deve ser observado para o devido condicionamento físico é o VO_2 máx, entendido como a maior taxa de utilização de oxigênio atingida durante um exercício exaustivo. Para McCardle e Katch e Katch (1992), o VO_2 máx ocorre quando o consumo de oxigênio alcança um platô ou aumenta apenas levemente com os aumentos adicionais na intensidade do exercício. Sua importância está relacionada à quantificação da melhora do condicionamento físico a partir de um determinado treinamento, portanto, está correlacionado à saúde.

A Tabela 3 mostra a classificação da aptidão física reportada por Heywood (1998), baseada em estudos clássicos, como o de Cooper (1982).

Tabela 3 - Nível de Aptidão Física com base no VO_2 máx.

Idade	Muito Fraca	Fraca	Regular	Boa	Excelente	Superior
Para Mulheres - VO_2máx em ml(kg.min)						
13 - 19	- 25,0	25,0 a 30,9	31,0 a 34,9	35,0 a 38,9	39,0 a 41,9	> 41,9
20 - 29	- 23,6	23,6 a 28,9	29,0 a 32,9	33,0 a 36,9	37,0 a 41,0	> 41,0
30 - 39	- 22,8	22,8 a 26,9	27,0 a 31,4	31,5 a 35,6	35,7 a 40,0	> 40,0
40 - 49	- 21,0	21,0 a 24,4	24,5 a 28,9	29,0 a 32,8	32,9 a 36,9	> 36,9
50 - 59	- 20,2	20,2 a 22,7	22,8 a 26,9	27,0 a 31,4	31,5 a 35,7	> 35,7
Mais de 60	- 17,5	17,5 a 20,1	20,2 a 24,4	24,5 a 30,2	30,3 a 31,4	> 31,4
Para Homens - VO_2máx em ml(kg.min)						
13 - 19	- 35,0	35,0 a 38,3	38,4 a 45,1	45,2 a 50,9	51,0 a 55,9	> 55,9
20 - 29	- 33,0	33,0 a 36,4	36,5 a 42,4	42,5 a 46,4	46,5 a 52,4	> 52,4
30 - 39	- 31,5	31,6 a 35,4	35,5 a 40,9	41,0 a 44,9	45,0 a 49,4	> 49,4
40 - 49	- 30,2	30,3 a 33,5	33,6 a 38,9	39,0 a 43,7	43,8 a 48,0	> 48,0
50 - 59	- 26,1	26,2 a 30,9	31,0 a 35,7	35,8 a 40,9	41,0 a 45,3	> 45,3
Mais de 60	- 20,5	20,6 a 26,0	26,1 a 32,3	32,3 a 36,4	36,5 a 44,2	> 44,2

Fonte: Heywood (1998).

Em geral, pessoas engajadas em exercício com predominância aeróbia (correr, pedalar, nadar) apresentam maior VO_2 máx do que pessoas destreinadas. Por este motivo, um dos pré-requisitos para ter sucesso em provas de longa duração (corridas de meio-fundo, fundo, maratona, ciclismo de rua) é apresentar um VO_2 máx elevado. O tradicional critério de avaliação da capacidade cardiorrespiratória é a medida direta do consumo máximo de O_2 . Porém, o mesmo pode ser medido de forma indireta, com resultados consistentes. Para a avaliação da capacidade cardiorrespiratória os valores de VO_2 máx são expressos com relação ao peso corporal dado por ml.(kg.min⁻¹).

Há estudos que demonstram ganhos de potência máxima de 13% e de consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) de 6% em indivíduos sedentários que passaram a pedalar três vezes por semana, com velocidades médias de 18 km.h^{-1} e distâncias médias de 8,5 km. Como regra geral, segundo Hendriksen et al. (2000), para indivíduos sedentários, esses autores sugerem que seja orientado pedalar 6 km, em intensidade baixa à moderada (55 a 75% do VO_2 máx), três vezes por semana, para que ganhos em desempenho sejam observados e mantidos. Estes pesquisadores ressaltam que a potência máxima é um parâmetro melhor do que o consumo máximo de oxigênio na avaliação de ganhos em desempenho físico nesse tipo de situação, estando menos sujeito a variações individuais.

Boyd e Hillman e Tuxworth (1999) notaram um claro efeito na dose-resposta da atividade em indivíduos que pedalarão 30 km ou mais por semana. Os voluntários do estudo que fizeram esse percurso semanal tiveram um ganho médio de VO_2 máx de 17%, ao passo que aqueles que não atingiram os 30 km por semana aumentaram, em média, 8% o seu VO_2 máx. A força das pernas teve ainda maior correlação com a quilometragem percorrida: aumentou, em média, 26% para aqueles que pedalarão mais de 30 km por semana e 4,5%, em média, para quem pedalou menos de 30 km por semana. As maiores modificações no VO_2 máx ocorreram nas primeiras 6 a 8 semanas do estudo, refletindo a mudança de um estado sedentário para moderadamente ativo.

Esses estudos mostram que a utilização da bicicleta como meio de locomoção é uma forma de atividade física eficaz para a obtenção de ganho em desempenho (para aqueles previamente sedentários) e, portanto, eficaz como promotora da saúde.

3.4 Modelos, modelagem computacional e simulação

Neste item são descritos os principais conceitos referentes aos tópicos modelo, processo de modelagem computacional e simulação. Também são abordadas as etapas de análise de desempenho dos modelos (verificação, calibração e validação).

Um modelo é uma forma de representação abstrata e simplificada a respeito de um fenômeno, sistema, objeto ou processo, tratados neste trabalho com “entidades”, e é o resultado da percepção e criatividade de quem desenvolve este modelo, o modelador, e do conhecimento que ele possui a respeito da entidade considerada (BALCI, 2003, p.150; MARIA, 1997, p.7). Dessa forma, uma mesma entidade pode ter diferentes modelos, dependendo do modelador. Modelagem é, portanto, o processo cognitivo de produção de um modelo.

O modelo pode ser uma representação simplificada da entidade considerada, o que é suficiente em alguns casos, ou ser bastante complexo (tanto quanto a entidade), dependendo das necessidades e objetivos da modelagem requerida. Um propósito de um modelo é ajudar na predição de possíveis efeitos de mudanças a serem aplicadas na entidade. Assim, um modelo, mesmo que simples, deve ter a mais adequada aproximação da entidade considerada e incorporar as características mais marcantes e importantes da mesma. Em certas situações, ele não deve ser muito complexo para facilitar seu entendimento e sua experimentação.

Uma entidade pode ser descrita, por exemplo, por meio dos chamados modelos matemáticos, que utilizam equações matemáticas. Eles podem ser classificados sob diversas formas, porém, as principais são: (i) modelos empíricos; (ii) modelos mecânicos e (iii) modelos estocásticos.

Modelos empíricos são aqueles que se baseiam puramente em dados observados, fundamentando-se em relações derivadas a partir de análise de regressões. Não há muito interesse em explicar “o porquê” o sistema responde de tal forma. Nesse tipo de modelo utilizam-se dados empíricos, variáveis ou constantes consagradas que fazem parte do conhecimento de determinada ciência (SODRÉ, 2007, p.7).

Modelos mecânicos são aqueles que têm sua estrutura baseada na descrição do processo que ocorre no sistema real considerado, ou seja, existe a tentativa de se considerar os princípios físicos, químicos e biológicos que ocorrem no sistema (causa-efeito), tentando entendê-lo em termos dos mecanismos presentes. Os dois passos mais importantes na construção desses modelos são: construção das hipóteses e descrição matemática. Estes devem assumir que determinadas componentes devem obedecer a determinadas equações. Estas duas etapas no processo de modelagem mecânica fornecem o conteúdo real do modelo neste estágio e elas são muito facilitadas (SODRÉ, 2007, p.6).

De acordo com Law e Kelton (1991), modelos estocásticos ou probabilísticos são aqueles que possuem ao menos uma de suas características operacionais dada por uma função de probabilidade, ou seja, são modelos que contém algum elemento que varie ao acaso. Para as situações onde as variáveis de interesse podem apresentar-se extremamente variáveis quanto a seus valores, o procedimento estocástico vem a contemplar as incertezas, fazendo possível que não só um único valor seja admitido como resposta final, mas sim, várias possibilidades - cada uma associada à determinada probabilidade de ocorrência.

Os modelos computacionais são aqueles que se utilizam de conceitos e ideias oriundos da computação e de suas teorias para criar e alterar objetos e fenômenos de interesse.

Para isso, podem ser utilizados aplicativos e ambientes de propósitos específicos existentes, ou mesmo o modelador pode desenvolver sua própria aplicação.

Normalmente, a modelagem computacional é usada associada à simulação computacional. Esta, conhecida apenas como simulação, é definida como a utilização de certas técnicas matemáticas empregadas em computadores, que permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo do mundo real, ou seja, é o estudo do comportamento de sistemas reais através do exercício de modelos (BATEMAN; HARREL, 2005). Simulação é o ato de imitar uma entidade (física ou abstrata). Ela pode ser usada no processo de experimentação de um modelo, permitindo a análise do comportamento da entidade representada. A ideia básica da simulação é a criação de vários cenários representativos para um mesmo modelo a respeito da entidade tratada.

Segundo Chwif e Medina (2006), a simulação é um processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação. Desta maneira, podemos entender a simulação como um processo amplo que engloba não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental que se segue, buscando (i) descrever o comportamento do sistema; (ii) construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas e (iii) usar o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

Existem vários aplicativos computacionais, proprietários ou de acesso livre, voltados para modelagem e simulação computacionais de entidades. A ferramenta *STELLA* (STELLA, 2010) é um exemplo de programa proprietário. Os programas *Swarm* (SWARM, 2010) e *Blender* (BLENDER, 2010), por exemplo, são de acesso livre.

3.4.1 Componentes do processo de modelagem

Ruiz-Corrêa et al. (2011, p.6) descrevem os componentes do processo de modelagem da seguinte forma: variáveis de estado são as “quantidades” que descrevem as condições dos componentes do sistema e que podem mudar com o tempo à medida que os componentes do sistema interagem com o meio. Se as variáveis de estado mudam no tempo, os modelos são dinâmicos. Entradas (*Inputs*) são os fatores que influenciam o comportamento do sistema, mas que não são influenciados pelo mesmo e se referem às variáveis moduladoras, que agem sobre os fluxos e variáveis de estado. Se um sistema não tem *inputs*, ele não é afetado pelo ambiente e é denominado um sistema fechado. *Inputs* podem variar com o tempo. Saídas (*Outputs*) são os resultados do modelo que são de interesse do modelador. Os parâmetros são

características dos componentes do modelo que geralmente são constantes por meio do tempo simulado. A distinção entre parâmetros e *inputs* não é sempre clara. Geralmente, *inputs* são diretamente dependentes do tempo, enquanto parâmetros são constantes ou dependem do estado do sistema, mas não necessariamente do tempo. Fluxos, por sua vez, representam as entradas e saídas dos compartimentos das variáveis de estado. Os fluxos, que algumas vezes são os próprios processos, são sempre expressos na unidade de tempo.

3.4.2 Avaliação de modelos

Há pelo menos duas maneiras de avaliar o quão apropriado e correto um modelo é para representar a entidade de interesse, cada qual baseada nos objetivos inicialmente propostos. Uma delas é a análise sensitiva, ou de sensibilidade, que consiste em avaliar os parâmetros ou entradas do modelo, considerando sua importância relativa para os resultados da simulação. Esta análise também fornece um mecanismo para testar a simulação nos extremos, que indicará a estabilidade lógica e matemática do sistema.

Outra maneira de se avaliar um modelo é por meio de sua precisão, definida em termos de três estágios de sua implementação: (i) verificação; (ii) calibração e (iii) validação (MARIA, 1997; BALCI, 2003; SARGENT, 2005).

Verificação é o processo pelo qual a lógica de programação é comparada com as intenções do modelador, ou seja, é verificado se o programa executa precisamente o que o modelador propôs.

Calibração refere-se aos ajustes - dentro de uma amplitude conhecida e baseada em literatura ou experimentos, feitos nos parâmetros do modelo para se obter uma comparação mais precisa e acurada entre os resultados simulados e os observados a campo. O uso indiscriminado da calibração torna o modelo de difícil extrapolação e pode descaracterizar parte do seu mecanismo. Além do mais, a calibração excessiva pode ocultar falhas que poderiam refletir o mal entendimento do sistema em questão ou a não aptidão daquele modelo às condições testadas, que podem ser diferentes daquelas de onde o mesmo foi desenvolvido.

O estágio de validação está relacionado com a verificação da similaridade das respostas do modelo com um conjunto de observações independentes. De acordo com Van Keulen (1976), idealmente, todos os modelos mecânicos deveriam ser validados tanto em termos da produção final como também em relação aos componentes internos e processos do sistema, sendo esse último aspecto de grande importância, uma vez que boas previsões podem compensar erros internos. Porém, por questões econômicas e de tempo, visto que o grau de detalhamento e resultado de todos os processos é extremamente complexo, a verificação dessa

etapa quase sempre é descartada. A validação de modelos de simulação de sistemas biológicos é bastante rudimentar uma vez que um grande número de hipóteses é testado simultaneamente dentro de um modelo. Além disso, esses modelos são reflexos de sistemas para os quais o comportamento de alguns componentes não é totalmente compreendido e, portanto, eventuais diferenças entre os resultados simulados e os observados não podem ser totalmente explicadas.

Tanto na etapa de calibração quanto na validação procedimentos qualitativos e quantitativos devem ser efetuados. O primeiro diz respeito à visualização de discrepâncias, seja nas variáveis ou nos resultados obtidos, enquanto o procedimento quantitativo geralmente refere-se às regressões lineares entre os dados simulados e os reais.

3.5 Simuladores relacionados existentes

São apresentados neste item alguns simuladores encontrados na Internet que abordam temas deste trabalho, sedentarismo e meio ambiente, tratados separadamente, uma vez que não foram encontrados trabalhos que englobem os temas de maneira associada.

Embora tratados como “simuladores”, alguns recursos disponíveis na Internet são apenas conversões de fatores de emissão e sequestro de CO₂, em formato de Tabela, não sendo abordado o processo de simulação em si, como o exposto na página <http://www.learningtools.com.br/agro101/simuladorco2.aspx>.

Um trabalho interessante é o da página <http://veja.abril.com.br/complementos-materias/calculadora-aquecimento/info-popup.shtml>. Neste, de uma forma simples, é calculada a quantidade de CO₂ em toneladas (ton) emitida por ano por um cidadão, de acordo com seu hábito de consumo relativo a sua casa, transporte e estilo de vida, sendo os dois primeiros diretamente relacionados ao gasto de energia. De acordo com esta página, um brasileiro produz, em média, 1,81 ton de CO₂ por ano, ao passo que os americanos emitem, em média, 10 vezes mais esta quantidade, em função de seus hábitos de consumo. Destaca-se no item transporte, que por sua vez engloba as emissões de CO₂ realizadas pelos carros e aviões, que qualquer pequena alteração na quantidade de km rodados por mês, bem como no número de viagens realizadas, aumenta significativamente a quantidade de CO₂ emitido. A página também apresenta a quantidade necessária de árvores para neutralizar as emissões deste poluente, que no caso dos brasileiros corresponde a, aproximadamente, 11 árvores por ano. Outro site similar é o apresentado pela ONG Iniciativa Verde (<http://www.iniciativaverde.org.br/pt/calculadora>).

Em relação a simuladores de atividades físicas e consumo calórico disponíveis na Internet ou via aplicativos, há desde os mais simples até os mais sofisticados. Em relação a estes últimos, destacam-se os desenvolvidos por empresas como a Nike (http://nikerunning.nike.com/nikeos/p/nikeplus/pt_BR/plus/#!/dashboard/) e a Adidas (www.adidas.com/micoach), por exemplo, que monitoram e comparam os dados estatísticos originados por uma pessoa que efetua uma corrida, por meio de dispositivos próprios que integram diferentes tecnologias, além de simular treinamentos ou provas, conforme objetivos pré-estabelecidos.

Ressalta-se que a grande maioria dos sites relacionados à aptidão física apresenta-se sob a forma de “calculadoras”. Alguns exemplos podem ser encontrados nas páginas: <http://www.brianmac.co.uk/energyexp.htm> e <http://www.runningtools.com/energyusage.htm> que calculam as calorias gastas por um indivíduo numa atividade física, dado um tempo e velocidade. Nestas mesmas páginas encontram-se diversas calculadoras que podem ser utilizadas para quantificar diversos índices relacionados à atividade física.

Uma página bastante interessante para diversos temas é o proposto pela Universidade do Colorado (<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>). Nesta, encontram-se disponíveis simuladores para fins educativos e que englobam temas distintos, que são tratados separadamente conforme já observado acima.

Neste tocante, uma página que aborda os assuntos atividade física e emissão de CO₂ de maneira unificada é o apresentado na forma de calculadora em http://gbirc.rc.unesp.br/calcular_impacto/. Como mostrado na Figura 4, o cálculo do gasto energético é feito com base no deslocamento realizado por meio de atividade física, onde há o cálculo de calorias gastas e emagrecimento previsto na realização do percurso. Quanto ao uso do veículo automotor, calcula-se a emissão de CO₂ liberado na atmosfera no percurso em questão, bem como o custo estimado (por semana e por ano) relativo ao combustível usado. O deslocamento pode ser realizado de 3 maneiras: caminhada leve, por meio de bicicleta ou corrida. Já, quanto ao veículo, as opções são: gasolina, álcool, GNV e diesel.

Controle Energético

Tipo de Deslocamento:

Distancia Percorrida:

Peso Corporal:

Veiculos por semana:

Veiculo:

Distancia Percorrida:

Veiculos por semana:

Gasto Energetico = 0 kcal/semana	Emissao CO2 = 0 kg/semana
Gasto Energetico = 0 kcal/ano	Emissao CO2 = 0 kg/ano
Emagrecimento = 0 kg/semana	Custo = 0 R\$/semana
Emagrecimento = 0 kg/ano	Custo = 0 R\$/ano

Créditos: Pedro Henrique Teixeira, Eduardo Toni Ruiz, Dr. Carlos N. Fischer
Grupo de Bioinformática de Rio Claro - UNESP

Controle Energético

Tipo de Deslocamento:

Distancia Percorrida:

Peso Corporal:

Veiculos por semana:

Veiculo:

Distancia Percorrida:

Veiculos por semana:

Gasto Energetico = 0 kcal/semana	Emissao CO2 = 0 kg/semana
Gasto Energetico = 0 kcal/ano	Emissao CO2 = 0 kg/ano
Emagrecimento = 0 kg/semana	Custo = 0 R\$/semana
Emagrecimento = 0 kg/ano	Custo = 0 R\$/ano

Créditos: Pedro Henrique Teixeira, Eduardo Toni Ruiz, Dr. Carlos N. Fischer
Grupo de Bioinformática de Rio Claro - UNESP

Figura 4 - Gasto energético humano em função do tipo de deslocamento *versus* emissões de CO₂ na atmosfera em função do tipo de combustível (veículos automotores).

Fonte: Teixeira e Ruiz e Fischer (2010).

4. MODELOS DESENVOLVIDOS

Como proposto para este projeto de mestrado, foram criados modelos computacionais que servem como recursos para mostrar possíveis contribuições de atitudes sedentárias para a degradação do meio ambiente. Desta maneira, são apresentados, a seguir, um descritivo sobre (4.1) o aplicativo computacional utilizado, *Blender*, e três exemplos de modelos computacionais criados dentro deste projeto: (4.2) Pedestrianismo e ciclismo *versus* automóveis (versão I e versão II) e (4.3) Elevadores *versus* escadas. Ambos os modelos simulam a realização de atividades cotidianas (deslocamento horizontal e vertical) executadas pelo homem *versus* máquina.

O aplicativo *Blender* foi utilizado para criar modelos relativamente simples que simulam o impacto de atividades cotidianas em dois casos: (i) as que utilizam veículos automotores para percorrer pequenas e médias distâncias, quando as mesmas poderiam ser percorridas caminhando, correndo ou pedalando e (ii) as que utilizam elevadores para ir para andares próximos, quando os mesmos poderiam ser atingidos utilizando as escadas. Em ambos os casos, calculou-se as emissões de CO₂ na atmosfera, bem como o gasto calórico de um indivíduo, quando tais atividades são realizadas.

Para a criação dos modelos computacionais propostos foram utilizados parâmetros, expressões matemáticas e dados obtidos a partir de material bibliográfico disponível, adequando-se os mais pertinentes ao objetivo proposto.

Observa-se que os modelos mostrados a seguir são relativamente simples, mas que servem de forma bastante satisfatória ao propósito específico de mostrar as possíveis influências, em termos de emissão de gases poluentes e também sobre a saúde das pessoas, de atitudes que podem ser vistas como sedentárias.

4.1 O aplicativo *Blender*

O *Blender*, também conhecido como *Blender 3D*, é um aplicativo computacional de modelagem e animação 3D de código aberto. Conforme Brito (2010), o sistema de modelagem é quase que totalmente feito com base em subdivisões.

O programa é multiplataforma, estando disponível para diversos sistemas operacionais. O *Blender* tem avançadas ferramentas de simulação, tais como: dinâmica de corpo rígido, dinâmica de corpo macio e dinâmica de fluidos, ferramentas de modelagem baseadas em modificadores, ferramentas de animação de personagens, um sistema de

composição baseado em “nós” de texturas, cenas e imagens e um editor de imagem e vídeo, com suporte a pós-produção. Inclui suporte à linguagem de programação *Python*.

O *Blender* possui sua própria *Blender Game Engine* (BGE) embutida, que possibilita a criação de aplicações interativas 3D. A BGE é uma poderosa ferramenta de programação de alto nível. Seu foco principal é o desenvolvimento de aplicativos, ou então, pesquisas físicas em educação.

As propriedades dentro da BGE são para a lógica do aplicativo o equivalente às variáveis de programas computacionais. Estas são guardadas dentro do objeto e podem ser utilizadas para representar a quantidade de energia, peso, nomes e outras mais. O núcleo da estrutura da BGE são os blocos lógicos, cuja finalidade é oferecer uma interface visual simples e fácil de utilizar para fazer o desenvolvimento de aplicações interativas sem qualquer conhecimento de linguagem de programação. Existem três tipos básicos de blocos lógicos: sensores, controladores e atuadores.

Os sensores servem para “sentir” quando os eventos acontecem, como uma colisão, uma tecla pressionada ou movimento do *mouse*, por exemplo. Sensores são ligados a controladores, que os comparam e então ativam os atuadores.

Os controladores são como blocos que coletam dados providos pelos Sensores. Existem oito maneiras de processar essas entradas de dados: Controlador AND = E; OR = OU; XOR = OU Exclusivo; NAND = Não E; NOR = Não OU; XNOR = Não OU Exclusivo; Controlador *Expression* = Expressão e Controlador *Python* = *Scripts Python*.

Quando um Sensor é ativado, ele envia um pulso positivo e quando é desativado ele envia um pulso negativo. O trabalho dos controladores é checar e combinar estes pulsos para disparar a resposta apropriada como reação.

O controlador tipo *Python* é um controlador que verifica o sinal recebido pelo sensor utilizando um *script* programado pelo usuário, também conhecido como *Script Python*, ou qualquer outro arquivo que contenha códigos em linguagem de programação *Python*. Os controladores *Python* possuem dois modos: *Script* ou *Module*. Ambos podem ser escritos em um aplicativo Editor de Textos e guardados dentro do arquivo BLENDER ou então eles podem ser formados por arquivos externos de *Scripts Python*.

Os atuadores perfazem ações, como mover um objeto. Eles iniciam as suas funções quando recebem um sinal ou pulso positivo a partir de um ou mais sinais dos controladores.

A Figura 5 mostra as propriedades de um objeto bem como os blocos lógicos (sensores, controladores e atuadores).



Figura 5 - Tela do *Blender* contendo as propriedades e os blocos lógicos.

Para escrever aplicativos utilizando a linguagem *Python*, a BGE possui sua própria interface *Python*, separada do restante do *Blender*, que pode ser utilizada para escrever *scripts* para controle da simulação. Isto é feito criando um Controlador *Python* e o ligando a um *Script Python* o que permite anexar formulações matemáticas e variáveis de programas ao modelo criado.

O método para construção dos objetos do modelo consiste em criar uma geometria simples, como um cubo, e, por exemplo, subdividir este objeto em formas mais complexas, literalmente “esculpindo” o modelo. Para criar modelos mais complexos (*mesh*) são agrupados os objetos que foram anteriormente manipulados.

A Figura 6 mostra a tela geral do *Blender* relativa a um modelo criado. Nota-se à esquerda o *script Python*; ao centro, a BGE e, abaixo, os blocos lógicos de controle desta simulação.

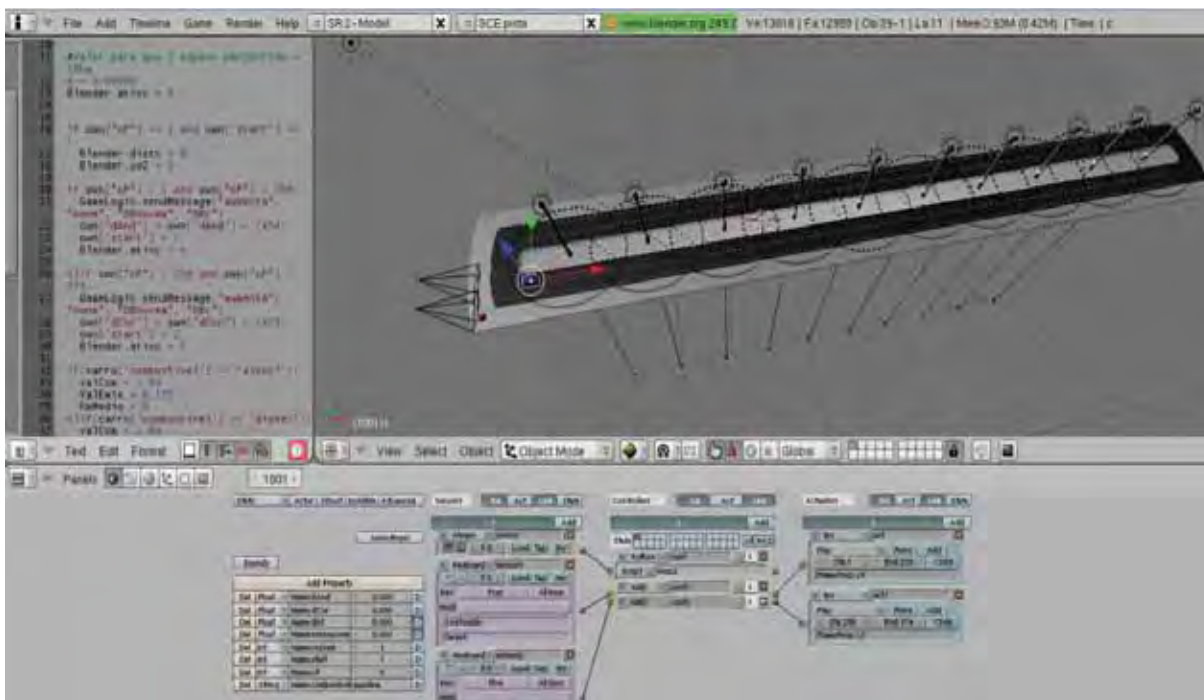


Figura 6 - Tela geral do Blender.

Maiores detalhes sobre a descrição e construção dos objetos utilizados nestes modelos podem ser encontrados no Apêndice desta Dissertação.

4.2 Pedestrianismo e ciclismo *versus* automóveis

O modelo que aqui é descrito refere-se à simulação que compara, sob o ponto de vista de gasto calórico e de emissão de poluentes, o deslocamento horizontal representado pelo pedestrianismo (caminhada ou corrida) e ciclismo *versus* a utilização de carros. Para tanto, foram criadas duas versões, a saber: (i) versão I, mais simples cujo objetivo é a fácil visualização e compreensão dos conceitos; (ii) versão II, que demonstra a possibilidade de adaptação do modelo, conforme objetivos propostos. Para as simulações executadas considerando estes modelos, foi necessária a obtenção de valores para os parâmetros envolvidos, descritos a seguir.

4.2.1 Estimativas de gasto energético do homem para locomoção horizontal

Guedes e Guedes (1998) estimaram que a energia consumida durante uma caminhada é desenvolvida em razão da velocidade empregada, da distância percorrida e do peso corporal do indivíduo. Segundo alguns estudos, a uma velocidade entre 50 e 100 m.min⁻¹ ou de 3 a 6 km.h⁻¹, ocorre um gasto calórico (GC, em kcal) de aproximadamente 0,6 kcal para cada km percorrido por kg de peso corporal, representado pela seguinte fórmula:

$$GC_{caminhada} = 0,6 * km * kg \quad (1)$$

Já para a corrida, estudos como o de McArdle, Katch e Katch (1992) mostram que a relação entre consumo de oxigênio e velocidade do exercício é linear e o gasto calórico total para correr determinada distância é aproximadamente o mesmo, quer o ritmo seja rápido ou lento, sendo o gasto calórico por kg de peso corporal por km percorrido de aproximadamente 1 kcal, dado pela seguinte fórmula:

$$GC_{corrida} = 1 * km * kg \quad (2)$$

Com base no Compêndio de Atividades Físicas (FARINATTI, 2003) foi adotado o valor de 8 METs (*metabolic equivalent*) para o ciclismo a uma intensidade de 19-22 km.h⁻¹, lazer, esforço moderado (cód. 01030).

Uma vez que o gasto calórico de um MET é de aproximadamente 1 kcal.kg⁻¹ (peso corporal). h⁻¹ em repouso, o gasto calórico pode ser estabelecido em termos de seus múltiplos. Portanto, multiplicando o peso corporal pelo valor do MET e considerando a duração da atividade é possível estimar o gasto calórico específico de um indivíduo cujo peso é conhecido (FARINATTI, 2003).

Por exemplo, pedalar a 8 METs implica um gasto calórico de 8 kcal.kg⁻¹.h⁻¹. Assumindo que esse gasto corresponda a uma intensidade de 20 km.h⁻¹, então, temos que o gasto calórico do ciclismo é de 0,4 kcal, multiplicado pela distância percorrida (km) multiplicado pelo peso corporal (kg), resultando em:

$$GC_{ciclismo} = 0,4 * km * kg \quad (3)$$

Obtido o gasto calórico, de acordo com Pietrobelli e Allison e Heshka (2002), emprega-se a regra de “Wishnofsky”, onde o resultado reportado é dividido por 7.700 kcal (valor energético de 1 kg de gordura) para cálculo do emagrecimento (em kg).

É importante ressaltar que o gasto calórico do homem dirigindo um carro é sabidamente pouco superior ao gasto energético basal, contudo, para o objetivo proposto, não foram considerados estes valores para as simulações. Também não foram consideradas as emissões de CO₂ da respiração, tanto em repouso quanto em caminhada, corrida ou pedalando.

4.2.2 Estimativas da emissão de CO₂ na atmosfera pelos veículos automotores

Há algumas formas de calcular a quantidade de CO₂ produzida por um determinado veículo em certo período. Em geral, basta multiplicar a distância percorrida, em km, para o valor das emissões g.km⁻¹ do carro. Nos Estados Unidos e Europa, por exemplo, a informação destas emissões está claramente contida no próprio manual do carro, porém, no Brasil, poucas empresas divulgam estes dados em seus produtos.

Uma forma alternativa de conhecer as emissões de CO₂ de um veículo é por meio das estimativas da emissão de CO₂ em kg.km⁻¹, apresentados na Tabela 4. Estes dados representam as médias deste poluente produzidas pelos veículos nacionais leves de passageiros, novos, com cilindrada igual ou superior a 1000 c.c., ponderadas pelo volume de vendas de cada modelo, obtidos pela CETESB em ensaios de emissão e consumo padronizados, conforme o ciclo de condução da norma NBR-6601. Esse ciclo simula a viagem média em deslocamentos urbanos combinados com estrada ou vias expressas (SÃO PAULO, 2003).

Na Tabela 4 observamos que o combustível menos poluente ao ambiente é o GNV e o mais poluente é o diesel - apesar de ambos não serem os principais combustíveis utilizados na frota atual de veículos leves, sendo que para esta, o etanol é menos poluente em relação à gasolina.

Tabela 4 - Liberação de CO₂ para a atmosfera em função do tipo de combustível utilizado.

Combustível	Fator de Emissão (FE)
Etanol	0,175 kg CO ₂ .km ⁻¹
Gasolina (E22*)	0,217 kg CO ₂ .km ⁻¹
GNV	0,133 kg CO ₂ .km ⁻¹
Diesel	0,280 kg CO ₂ .km ⁻¹

*E22- gasolina contendo 22% de etanol

Fonte: Adaptado de São Paulo (2003).

Há estudos, como o de Junqueira (2002), que consideram as emissões dos veículos movidos a etanol como zero, por serem estas emissões renováveis, uma vez que o balanço dessas emissões no ciclo de produção e consumo de álcool se anulam e, portanto, não contribuem para o aumento da carga de GEE na atmosfera. Entretanto, o IPCC recomenda que a parcela de CO₂ de origem renovável seja relatada.

A emissão de CO₂ (E_{CO_2}) é a dada pelo fator de emissão (FE) da Tabela 4 multiplicado pela distância percorrida, em km, representada pela fórmula:

$$E_{CO_2} = FE * km \quad (4)$$

Para determinar a quantidade de combustível gasto (em L), basta dividir a distância pelo consumo estimado (Tabela 5). Caso um dos objetivos do modelo seja a obtenção do valor total de combustível gasto na simulação (R\$), multiplica-se o resultado pelo valor de referência do combustível em questão. Esta última etapa não foi contemplada nas simulações aqui apresentadas, contudo, por meio de simples adaptações nos modelos simulados, este valor pode facilmente ser obtido.

Tabela 5 - Valores assumidos de Eficiência e Preço por tipo de combustível.

Tipo de Combustível	ETANOL	GASOLINA E 22	DIESEL	GNV
Consumo Estimado	8,7 km.l ⁻¹	9,7 km.l ⁻¹	9,2 km.l ⁻¹	14,9 km.m ⁻³
Valor (R\$)	R\$ 1,97 l ⁻¹	R\$ 2,79 l ⁻¹	R\$ 2,09 l ⁻¹	R\$1,59 m ⁻³

* Valores de abril de 2012.

Fonte: Informação do Autor.

4.2.3 Processo de simulação - Modelo versão I

Para esta simulação foi criado, no aplicativo *Blender*, uma avenida que representa um percurso com 2 km de distância e a representação, por meio de cubos, dos objetos “homem”, “bicicleta” e “veículo automotivo”.

O “homem” é representado por um objeto cubo na cor vermelha e desloca-se a 2 velocidades distintas para o pedestrianismo: 5 km.h⁻¹ para caminhadas e 10 km.h⁻¹ para corridas e, para a simulação do ciclismo, a 20 km.h⁻¹, gerando um gasto calórico expresso pelas fórmulas 1, 2 e 3, respectivamente. Notar que, nesta versão, o peso do indivíduo está fixado em 80 kg.

O “veículo automotivo” tem sua representação realizada por meio do objeto cubo na cor azul e desloca-se, também, a 2 velocidades: 20 km.h⁻¹ e 40 km.h⁻¹. Estes números foram adotados por serem usuais no tráfego urbano.

Antes do início da simulação faz-se necessário escolher o tipo de combustível a ser usado (gasolina, etanol, GNV ou diesel). Dependendo do combustível escolhido, há um fator de emissão (FE) (Tabela 4) que, multiplicado pela distância percorrida, mostra a quantidade

total de CO₂ emitida na atmosfera, conforme fórmula 4. Todos os objetos percorrem o mesmo trajeto na simulação (ida e volta).

A Figura 7 mostra o modelo desenvolvido, com os objetos representativos.

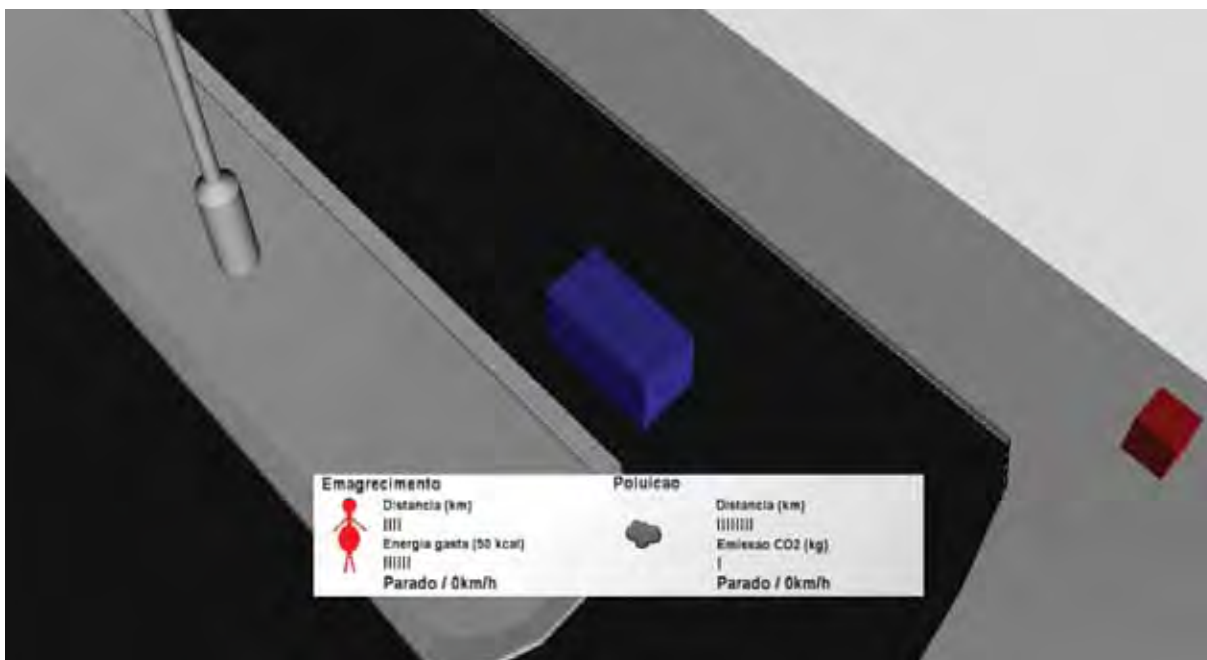


Figura 7 - Simulação usando o modelo com os objetos “homem” (cubo vermelho) e “veículo automotivo” (cubo azul) em locomoção.

Esta simulação visa mostrar os resultados da movimentação utilizando um veículo automotivo e por alguma atividade física, destacando os processos de “poluição” e “emagrecimento” respectivamente provocados, descritos por meio de barras e figuras.

A poluição (processo de emissão de CO₂) é representada por meio de uma nuvem, que se expande quando da movimentação do cubo que representa o veículo automotivo. O processo de emagrecimento é representado ao lado, por meio da alteração (diminuição) da circunferência abdominal do homem, quando da opção pela atividade física.

As barras de emissão de CO₂ e de energia gasta são representações gráficas de um valor que equivaleria a certa quantidade relativa ao representado, visando facilitar a visualização do processo como um todo. Elas podem, portanto, representar um valor pequeno ou grande, dependendo das necessidades do modelo, o que pode ser facilmente adaptado a novos propósitos, como, por exemplo, para considerar diferentes espaços de tempo (1 dia ou 1 ano).

As figuras “nuvem” e “homem” também são representações gráficas que estão, por sua vez, vinculadas às barras. Conforme o aumento das barras de poluição, a nuvem se

expande e, conforme o aumento das barras do gasto calórico, a circunferência abdominal do homem é diminuída.

Conforme mostra a Figura 8 (A), no momento inicial da simulação ainda não há emissão de poluição e nem emagrecimento. Já a Figura 8 (B), onde ambos os cubos (homem e veículo automotivo) já percorreram determinada distância, pode-se observar o aumento da nuvem de poluição, bem como a diminuição da circunferência abdominal do homem, que representa o emagrecimento.

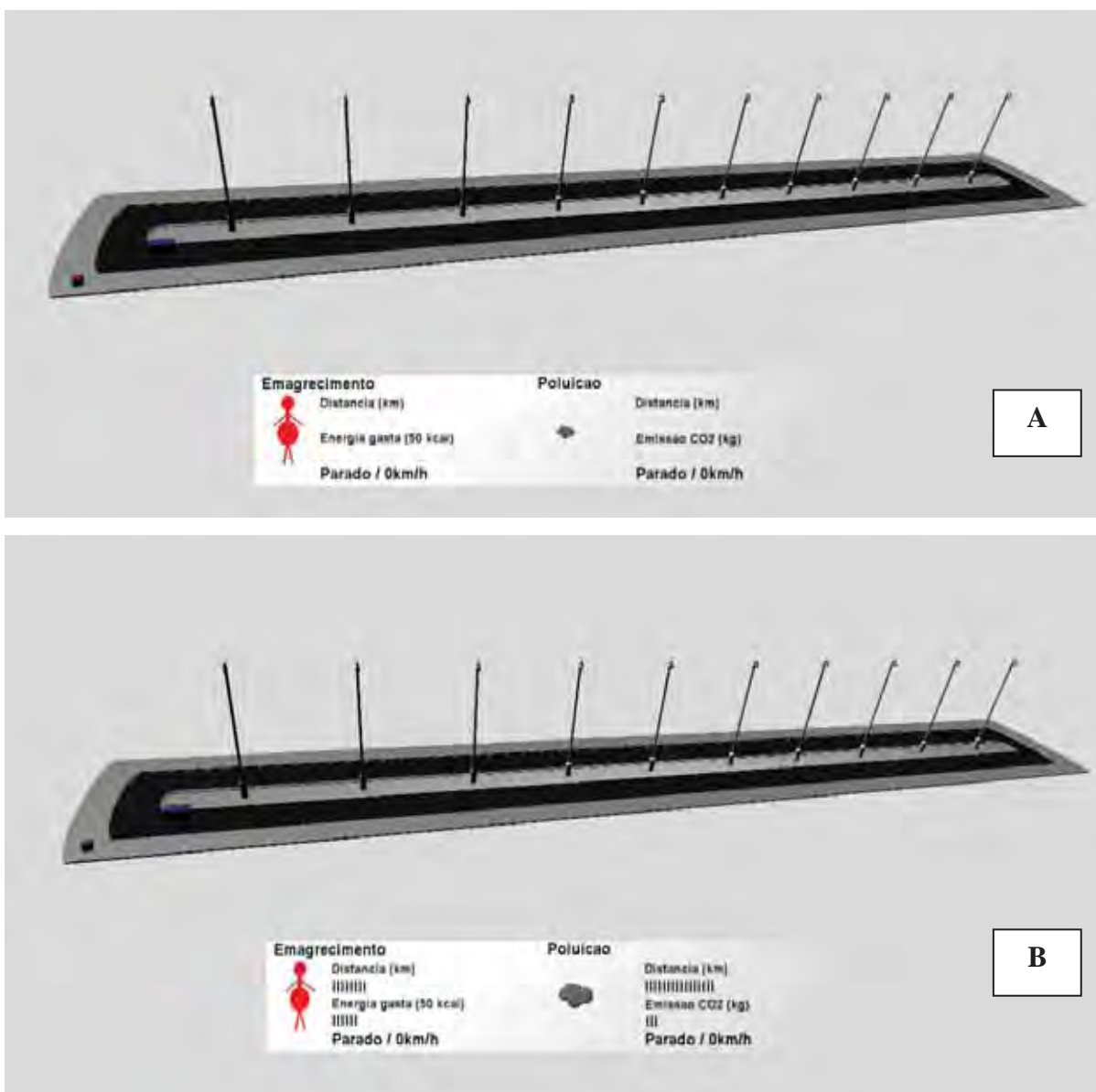


Figura 8 - Detalhes do percurso (avenida) e das janelas nos momentos da simulação (A) inicial e (B) durante o processo.

4.2.4 Processo de simulação - Modelo versão II

Esta simulação foi baseada na versão acima descrita e seu propósito é evidenciar a facilidade de adaptação do modelo para uma interface mais elaborada, por meio da simulação computacional.

Para esta versão foram criados 9 quarteirões–referência, cada qual representando 400 m². As ruas que separam estes quarteirões possuem sentido único e sucessivamente opostos. É importante notar que o modelo está em escala e pode ser facilmente ampliado.

Os objetos “homem” e “veículo automotivo”, também representados por cubos, respectivamente, vermelho e azul, podem ser visualizados na Figura 9, bem como o acima descrito.

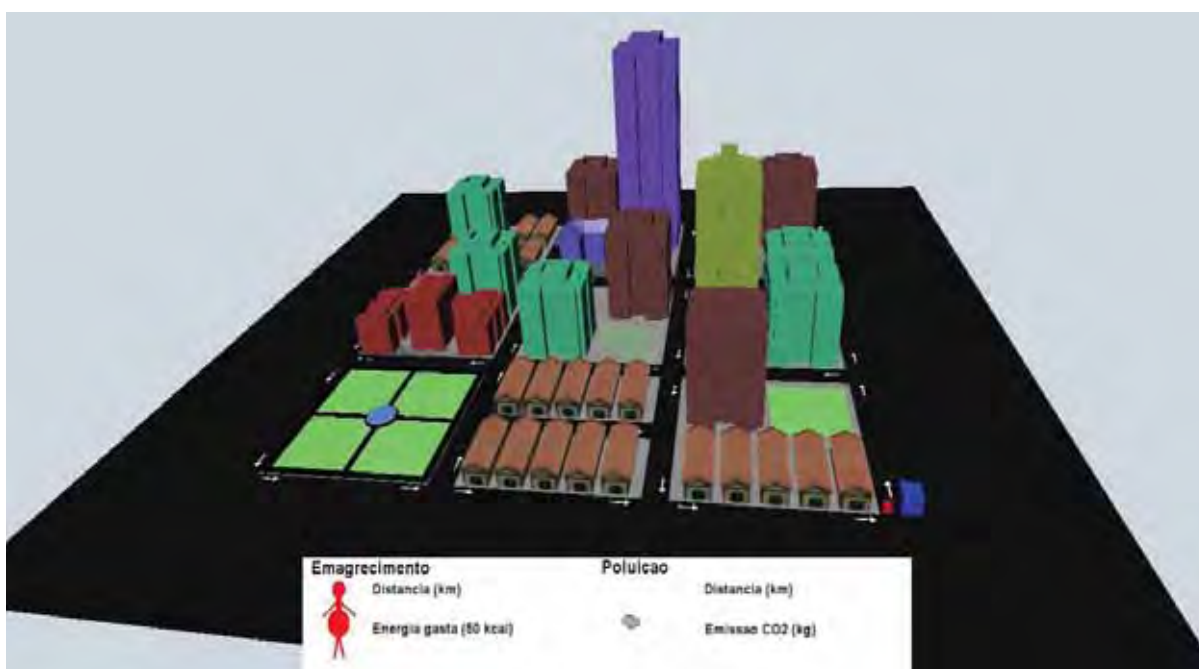


Figura 9 - Visão 3D dos quarteirões-referência, sentido das ruas e objetos “homem” e “veículo automotivo”.

As velocidades de deslocamento, tanto para o objeto “homem” quanto para “veículo automotivo” são as mesmas descritas na versão I, contudo, na simulação anterior os objetos necessariamente deslocam-se no mesmo eixo (vai e volta), e no presente caso, a movimentação pode ocorrer em 2 eixos, com mudança de direção, conforme mostra a Figura 10.

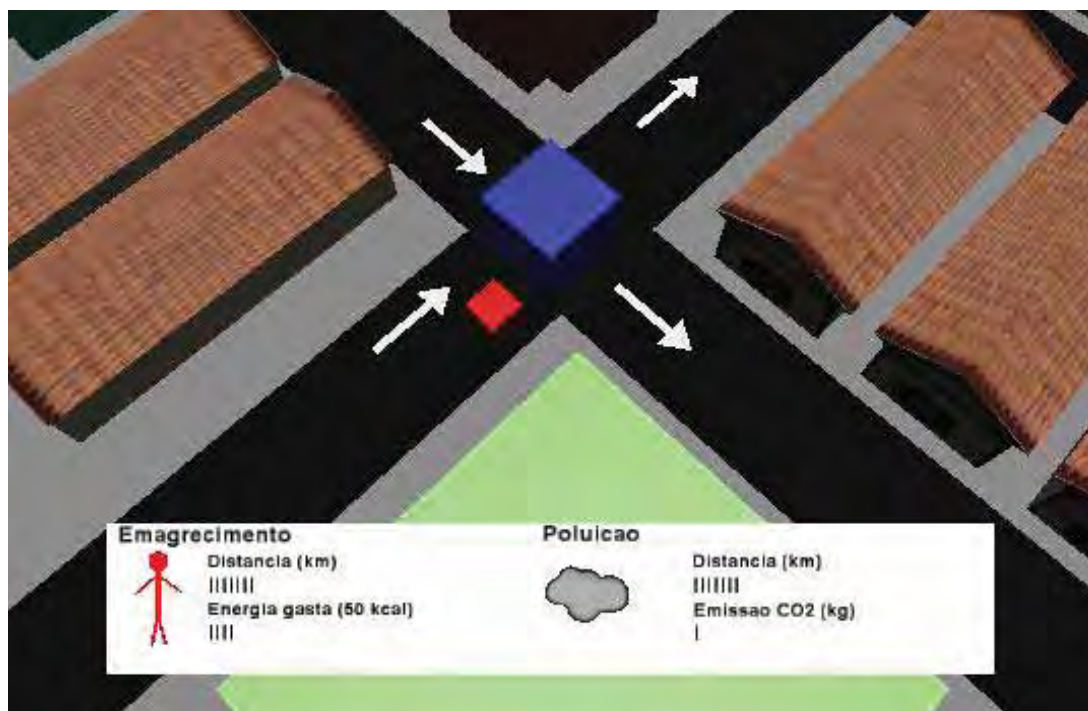


Figura 10 - Visão do sentido de deslocamento e das janelas de “poluição” e “emagrecimento”.

A escolha entre pedestrianismo ou ciclismo deve ser realizada nas propriedades do objeto em questão antes do início da simulação. Neste momento, também se deve optar pelo peso (em kg) do indivíduo.

Para simulação do ciclismo deve-se, primeiramente, alterar a função para “bike” em propriedades do objeto. Ressalta-se que, por representar um homem, o movimento deste objeto pode ocorrer independentemente do sentido obrigatório das ruas.

Assim como no modelo anterior, é necessário escolher, antes do início da simulação e nas propriedades do objeto, o tipo de combustível a ser usado (gasolina, etanol, GNV ou diesel).

É importante salientar que uma das principais vantagens da simulação computacional é ser um processo dinâmico, ou seja, os acontecimentos podem ser observados em “tempo real”, e com menor custo quando comparado à experimentação. Dessa maneira, resultados podem ser analisados com relativa rapidez, tirando conclusões que permitam optar por novas adaptações que venham a ser necessárias, mediante objetivo proposto.

Exemplo

Dado um indivíduo de 80 kg, por exemplo, que percorre a distância de 1 km. Caso ele o faça caminhando a uma velocidade de 5 km.h^{-1} , ele levará 12 minutos para chegar ao seu destino e irá gastar 48 kcal.

Se este indivíduo fizer o mesmo percurso correndo a uma velocidade média de 10 km.h^{-1} , ele levará 6 minutos com um GC de 80 kcal. Se for utilizada a bicicleta, este indivíduo percorrerá 1 km, considerada uma velocidade média de 20 km.h^{-1} , em apenas 3min, com um GC de 32 kcal.

Em todos os casos a pequena distância é percorrida em pouco tempo, com GC representativo de calorias e sem emissão de poluentes.

Se este indivíduo se utilizasse de um veículo automotivo para ir ao mesmo destino, a distância percorrida, possivelmente, seria maior em função da mão e contramão das ruas. Há de se considerar ainda que, em função de semáforos e congestionamentos comuns nas grandes cidades, o tempo de percurso com o veículo não seria muito inferior aos reportados acima. Mesmo considerada a distância de 1 km, haveria emissão de poluentes que variam conforme sua origem (etanol = 175 g CO_2 por km rodado e gasolina = 217 g CO_2).

Vale observar que os valores obtidos por meio da simulação computacional poderiam ser também obtidos com o uso de simples calculadoras ou planilhas eletrônicas, porém, a visualização dos mesmos não seria feita da maneira interativa como é aqui representada. Soma-se às vantagens da simulação a rapidez nas respostas, facilidade na alteração de parâmetros bem como *interface* “amigável” no qual o usuário, mesmo sem ter conhecimentos ou afinidade com o problema, é capaz de entender os resultados do que está sendo simulado, seja pela diminuição da circunferência abdominal (emagrecimento), aumento da nuvem (poluição) e, principalmente, pelo processo simultâneo, proposta do presente trabalho.

Esses números, quando analisados individualmente, tanto do ponto de vista do emagrecimento quanto pela ótica da emissão de poluentes, podem parecer irrisórios. Contudo, se for levado em conta o número total de pessoas que possuem hábito sedentário e que poderiam estar se beneficiando do aumento do GC diário para melhoria da saúde, somado ao fato de que centenas de milhares de veículos transitam diariamente no mundo - sendo muitos deles usados para percorrer pequenas distâncias, como a acima reportada, a emissão de poluentes assim como o CG seriam extremamente representativos.

4.3 Elevadores *versus* escadas

O segundo modelo a ser apresentado trata do deslocamento vertical, também sob o ponto de vista de gasto calórico e de emissão de poluentes. Assim como no modelo anterior, o resultado prático é a visualização de ambos os processos, poluição ambiental, quando da utilização do elevador, e o gasto calórico, quando da utilização de escadas, por meio de representações simples.

4.3.1 Estimativas de gasto energético do homem para locomoção vertical

Com base no Compêndio de Atividades Físicas (FARINATTI, 2003), foi adotado o valor de 8 METs para a atividade de subir escadas (cód. 17130), o que significa um gasto calórico de $8 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. É importante salientar que, ao contrário dos exemplos acima que usavam o fator “distância” para cálculo do GC, o atual considera o fator “tempo”. Para cada intensidade de uma determinada atividade, como subir escadas, por exemplo, existe um valor de METs correspondente, que pode ser mais alto para uma intensidade maior ou mais baixo para uma intensidade menor.

Dessa maneira, o gasto calórico (GC), em kcal por unidade de peso corporal (kg) por segundo (s) é dado por:

$$GC_{loc.vertical} = 0,0022 * kg * s \quad (5)$$

Ressalta-se que o gasto calórico do homem em pé dentro do elevador é pouco superior ao gasto calórico basal e, assim, para os objetivos propostos, não foram considerados estes valores nas simulações. Também não foram consideradas as emissões de CO₂ da respiração, tanto em repouso quanto subindo e descendo escadas.

4.3.2 Estimativas de emissão de CO₂ para a produção de energia elétrica de um elevador

A produção de um kW.h⁻¹ de eletricidade pode ser originada usando diferentes fontes de energia. Cada fonte pode ser caracterizada por um fator que indica quantos kg de CO₂ são liberados na atmosfera para produzir 1 kW.h⁻¹ de eletricidade (estes fatores dependem da eficiência da estação geradora e da rede de distribuição de energia).

Cada país possui fontes diferentes de energia, que variam de acordo com a disponibilidade de recursos. Portanto, o valor de kg de CO₂ para cada kW.h⁻¹ produzido será

diferente para cada local. Como fontes de energia podemos citar: petróleo, gás natural, carvão, energias geotérmica, nuclear, hidrelétricas, eólica, solar e de biomassa.

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, *International Energy Agency*, em Inglês) (2011), são emitidos no mundo, em média, 500,011g de CO₂ por kW.h⁻¹ produzido. Este valor pode ser considerado alto quando comparado aos 64,127 g de CO₂ por kW.h⁻¹ emitidos no Brasil (IEA, 2011), onde a maior parte da energia elétrica é oriunda de fontes renováveis.

A obtenção dos valores de consumos de energia de um elevador exige um cálculo relativamente complexo, pois envolve diversas variáveis, tais como modelo e características técnicas do equipamento, demanda (picos de partida), tipo de tráfego, carga que transporta em cada viagem, se elevadores operam em grupo ou individualmente, entre outras. Assim como acontece na determinação dos valores de consumos de combustíveis por veículos automotores e das correspondentes emissões de gases, para elevadores, normalmente são usados valores que consideram situações médias ou mais comuns de uso para as variáveis citadas, visando produzir um resultado aproximado considerado aceitável.

O consumo de um elevador se deve principalmente a energia utilizada pelo motor de tração. Também consomem, mas em menor escala, a luz da cabine, o ventilador, operador de porta e o quadro de comando.

Em geral, a potência de um elevador médio, até 6 pessoas (480 kg - 10 HP) equivale a 75 lâmpadas de 100 w, portanto, 7,5 kW. Se for considerada a emissão média mundial, que é de 500,011 g de CO₂ por kW.h⁻¹, conforme mencionado acima, conclui-se que o motor deste elevador médio emite 1,0417 g de CO₂ por segundo.

4.3.3 Processo de simulação

Para a presente simulação foi criado um edifício hipotético com 4 andares, sendo que cada andar possui 3 m de altura. O número de andares foi assim estipulado pois, acima deste número, normalmente, se opta pelo uso do elevador ao invés da locomoção pela escada, por uma questão de praticidade. Cada lance de escadas possui, hipoteticamente, 11 degraus, sendo 2 lances por andar, o que corresponde a 22 degraus por andar, num total de 88 degraus.

O elevador modelado possui capacidade de condução de até 6 pessoas (480 kg) e seu motor tem potência de 10 HP (7,5 kW). Sua velocidade de locomoção é de aproximadamente 0,5 m.s⁻¹, portanto, para ir do andar Térreo até, por exemplo, o 4º andar, ou vice-versa, o elevador leva 24 segundos, aproximadamente, ou 48 segundos para um ciclo total (subir e

descer). Sendo assim, para cada ciclo são gastos $0,1 \text{ kW.h}^{-1}$, que corresponde a emissão de, aproximadamente, 50 g de CO_2 por viagem.

O objeto cubo na cor vermelha (Figura 11) representa o “homem” e pode se locomover pelo edifício utilizando tanto as escadas como o elevador. Ressalta-se aqui que, assim como mencionado no item 4.2.4, a simulação computacional permite, dentre muitas vantagens, adaptações e alterações rápidas nos modelos estudados. Dessa maneira, o número de andares obtidos ou a velocidade de operação do elevador, por exemplo, poderiam ser alteradas conforme necessidade do modelador, em tempo real e com baixo custo de implementação.

Para a locomoção utilizando escadas, considerou-se um indivíduo que realiza o percurso na média de 1 degrau por segundo, o que significa dizer que, para subir, por exemplo 4 andares, ele leva 1 minuto e 28 segundos, ou seja, para um ciclo completo são gastos 2 minutos e 56 segundos. Dessa maneira, para cada ciclo (subir e descer as escadas) o indivíduo gasta, aproximadamente, 0,4 kcal por kg de peso corporal.

Assim como no modelo anterior, as janelas contendo as informações relativas à poluição e ao emagrecimento são visualizações gráficas do processo simulado. Na janela referente à poluição, o processo de emissão de CO_2 é visto sob a representação de uma nuvem de poluição calculada em função da produção de energia, quando do acionamento do elevador. O processo de emagrecimento é representado por meio da alteração da circunferência abdominal do homem, quando da utilização das escadas.

Como o propósito deste trabalho é a apresentação “visual” das consequências das atitudes sedentárias para a degradação do meio ambiente, como forma de conscientização, tanto o emagrecimento quanto a poluição ambiental são representadas por barras e figuras que, para melhor visualização, são apresentadas em maior escala.

A Figura 11 mostra o aspecto geral do acima descrito, antes e depois do início da simulação, onde se pode observar a escada, elevador, objeto “homem” (cubo vermelho) e janelas com o resultado da simulação.

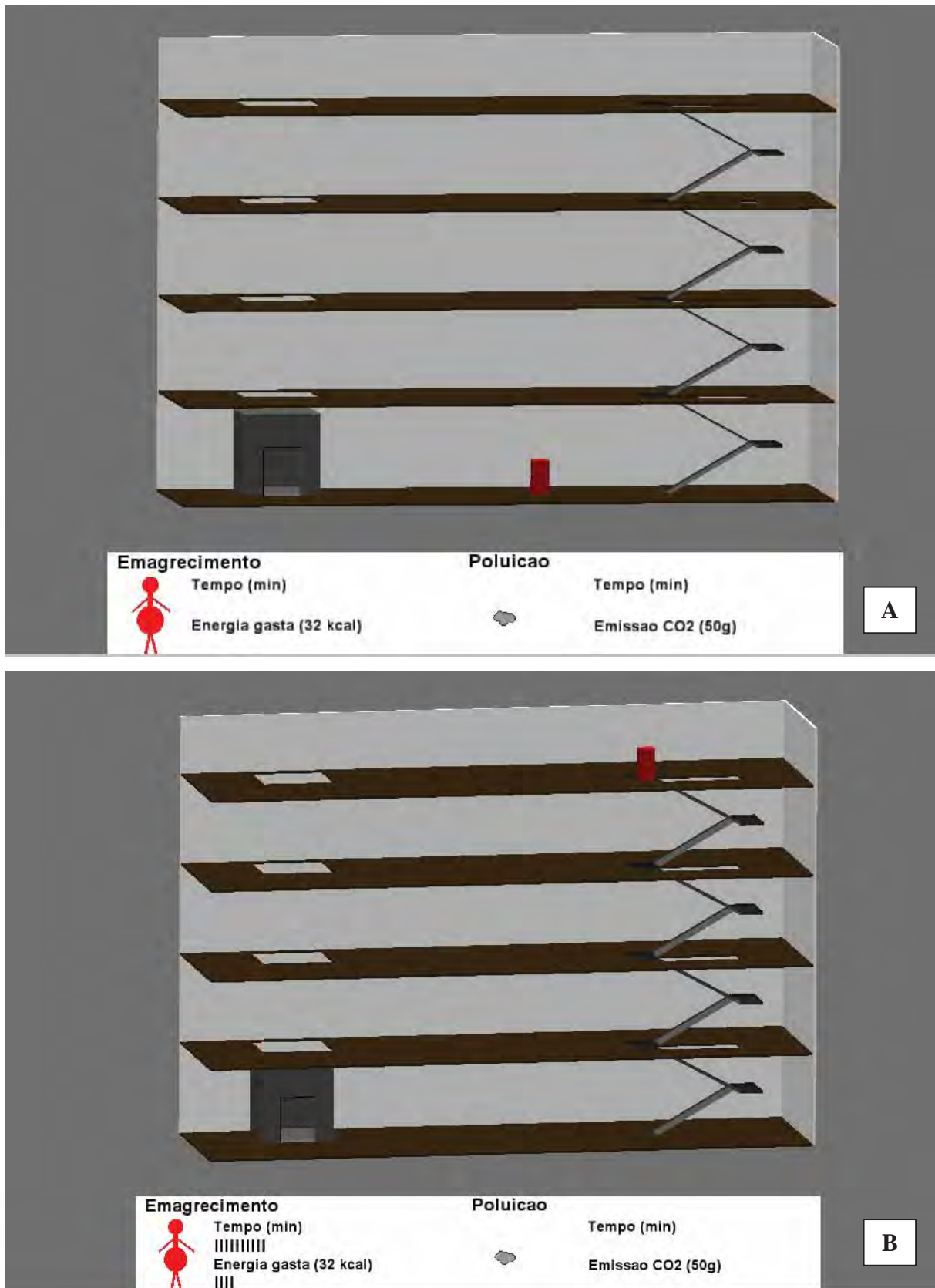


Figura 11 – Representação do elevador e escadas antes da simulação (A) e no decorrer do processo utilizando escadas (B).

A Figura 12 mostra o “homem” (cubo vermelho) utilizando-se do elevador em vez de escadas, aumentando a poluição emitida, indicada por “barras” acima da nuvem. Deve-se notar que na janela de emagrecimento não houve nenhuma alteração.

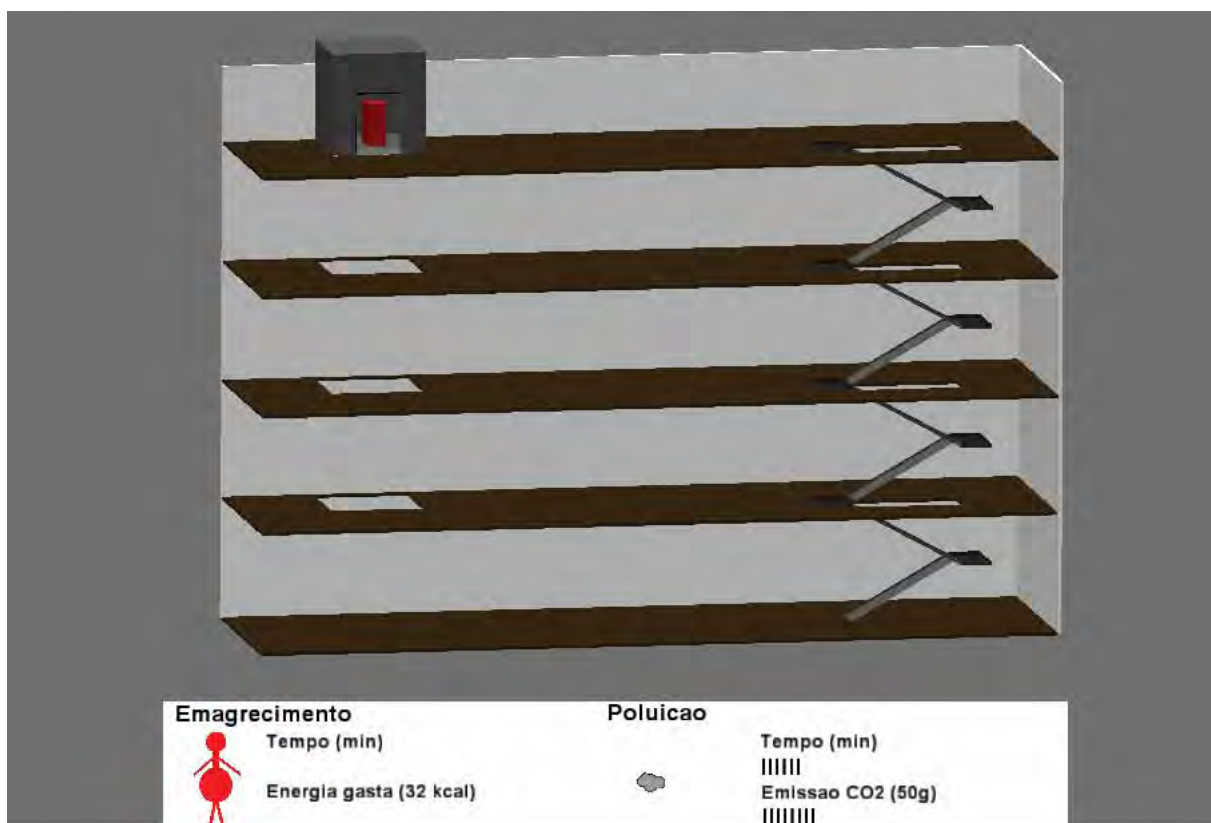


Figura 12 – Simulação do uso do elevador.

Como mencionado anteriormente, as barras e, por conseguinte, as figuras referentes à poluição e ao emagrecimento são representações gráficas de um valor que equivaleria a certa quantidade relativa ao representado a critério do modelador, e facilitam a visualização do processo de maneira ampla. Estas “barras”, portanto, podem ser adaptadas conforme a necessidade do modelo. É importante ressaltar que as imagens permitem a visualização dos processos ao mesmo tempo.

Exemplo

Dado um indivíduo de 80 kg, por exemplo, que suba e desça pelas escadas os 4 andares do edifício hipotético no tempo estimado de 2 min e 56 s (1 s por degrau). Este indivíduo terá gasto, pelo processo simulado, aproximadamente, 32,29 kcal.

Caso esse indivíduo tivesse optado pelo uso do elevador descrito, para que o mesmo ciclo fosse percorrido, teriam sido emitidos na atmosfera, aproximadamente, 50 g de CO₂.

Se multiplicássemos os valores acima para os correspondentes às 1h no dia, o GC deste indivíduo teria sido 480 kcal, sendo que ele contribuiria para a não emissão de 3,750 kg de CO₂.

Assim como no Exemplo 1 esses números são pouco representativos, quando analisados isoladamente, tanto para o emagrecimento quanto na emissão de CO₂ na atmosfera. No entanto, de acordo com dados da UNESCO (2008), metade da população mundial vive hoje em grandes e médios centros urbanos, o que equivaleria dizer algo em torno de 3,5 bilhões de pessoas. Considerando que nem todo o centro urbano possui número elevado de edifícios com elevadores e, hipoteticamente, se considerarmos que menos de 1/3 da população que vive hoje em centros urbanos tenham acesso aos mesmos, esse número seria reduzido a, aproximadamente, 1 bilhão de pessoas. Se apenas 2/10 deste montante, por exemplo, mudasse seus hábitos de sedentário para “em exercício” (no presente caso, do uso de elevadores para as escadas), equivaleria dizer um número próximo à população do Brasil (aproximadamente 192 milhões de habitantes), multiplicada pelos fatores individualmente analisados, o que os tornaria extremamente representativos.

Como anteriormente, observa-se que essas contas podem ser facilmente realizadas com calculadoras simples, utilizando-se das expressões devidas, porém, a simulação computacional permite a obtenção dos mesmos valores de maneira instantânea, com fácil alteração nos valores dos parâmetros. Por exemplo, a simulação em questão pode ocorrer considerado um valor mais/menos poluente para o elevador, ou o resultado pode ser mostrado para 1 único dia ou no total de um período; ambas as alterações, na simulação, ocorrem de maneira ágil. No entanto, para cálculos utilizando calculadora ou planilhas eletrônicas, o trabalho seria mais demorado. Além do exposto, ressalta-se que a simulação computacional apresenta um recurso visual agradável e fácil, possibilitando que qualquer pessoa utilize o recurso proposto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, vivenciamos uma crise energética mundial que tem na excessiva emissão de poluentes para a atmosfera um dos principais sinais de seu mau uso, em conjunto com a rápida degradação das reservas energéticas não renováveis do planeta, que ainda, atualmente, representam a maior fonte para a energia consumida. Considerando as características da sociedade moderna, e suas novas tecnologias, as implicações para a motricidade humana ampliam a crise energética. Essas implicações têm como ponto comum a mudança de contexto do corpo humano ativo para um corpo passivo e limitado.

Apesar de a Terra experimentar, ao longo de sua história, ciclos naturais adversos em termos de aquecimento e resfriamento, diversos trabalhos mostram que a ação antrópica está “encurtando” o tempo observado entre as grandes catástrofes.

Vivemos, hoje, numa sociedade que tem a “comodidade” como tônica. É mais fácil utilizar elevadores e escadas ou ir a um local próximo utilizando carro em vez de andar ou pedalar; até mesmo o simples ato de fechar os vidros do carro ou trocar as marchas do mesmo estão cada vez mais automatizadas. Além disso, nos deparamos com uma infinidade de controles remotos e facilidades oriundas da vida em tempos de tecnologia que nos simplificam e facilitam, e muito, a vida de uma maneira geral.

É sabido que em grandes centros, onde o volume de carros, ônibus e vans não para de crescer, fazendo com que o trânsito fique a cada dia mais caótico, é comum ouvirmos relatos de pessoas que passam mais de 5 horas diárias em trânsito, tentando se locomover de suas casas ao trabalho e vice-versa (isso significa ficar 100 horas em trânsito por mês, 1200 horas por ano, ou seja, notáveis 50 dias por ano!). É interessante notar, também, que muitas dessas mesmas pessoas se locomovem sozinhas em seus carros, contribuindo, ainda mais, para o estado de caos que as grandes metrópoles se encontram e, principalmente, para aumentar a quantidade de gases poluentes emitida por estes veículos. Daí já se pode concluir que a “mentalidade” das pessoas necessita urgentemente de mudança.

O fenômeno da sedentarização e aumento da obesidade têm sido reportados até mesmo em populações indígenas, conforme mostra a Revista PLANETA (2011, p.68). A adoção da dieta dos “brancos” e a sedução do consumo estão levando os povos indígenas mais aculturados ao sedentarismo e, portanto, a problemas como diabetes e obesidade.

O trabalho desenvolvido neste mestrado mostra que os temas Sedentarismo e Meio Ambiente, que usualmente são tratados separadamente, precisam ser considerados de forma relacionada. Os modelos computacionais aqui criados, embora simples, servem de forma

bastante satisfatória aos propósitos do trabalho. Eles se referem a duas situações cotidianas e representam casos que consideram o gasto energético humano *versus* o de máquinas, comparando-os do ponto de vista “homem” e “meio ambiente” e mostrando possíveis contribuições de atitudes que podem ser consideradas sedentárias para a degradação da natureza. Os resultados de simulações considerando estes modelos dão indícios das dimensões que tal degradação pode tomar e podem servir de alerta para mudanças de atitudes, como a maior prática de atividades físicas (caminhada, por exemplo).

O estudo e o trabalho realizados durante este mestrado, as informações e observações descritas na literatura relacionada e os resultados produzidos pelas simulações permitem fazer às seguintes considerações:

- (i) Não é possível dissociar o homem da natureza. A tecnologia deve ajudar na integração do homem à natureza, minimizando ou compensando, sempre que possível, os danos que, eventualmente, possamos causar.
- (ii) Até o presente, os temas sedentarismo e degradação do meio ambiente vêm sendo tratados de maneira distinta. Porém, o presente trabalho, por meio da modelagem e simulação computacionais, mostra que existe sim uma relação entre eles.
- (iii) Os modelos desenvolvidos são mais valiosos pelos conceitos intrínsecos que pelos próprios valores apresentados uma vez que, em sua essência, mostram o problema objeto deste estudo.
- (iv) Os modelos e simulações descritos nesta Dissertação permitem, de maneira ágil e fácil, o cálculo dos resultados que se deseja. Como já observado anteriormente, os cálculos realizados nas simulações podem ser efetuados por outros meios, como calculadoras; porém, a velocidade de obtenção do valor final, principalmente quando há a necessidade de frequentes alterações nos parâmetros das expressões utilizadas, pode tornar esta forma de calcular, na prática, inviável, além de mais suscetível a erros (devido a maior ação humana).

(v) A visualização gráfica das ações representadas nas simulações permite, de modo direto e simples, um melhor entendimento do problema (degradação tanto ambiental quanto na saúde humana em função de hábitos sedentários), possibilitando, assim, uma fácil e imediata interpretação dos resultados obtidos, sendo acessível a qualquer pessoa.

(vi) Recursos como os criados neste trabalho, mesmo que simples, precisam ser desenvolvidos para servir de ferramentas que ajudem na conscientização das pessoas, para que estas possam avaliar e adequar seus comportamentos cotidianos, colaborando para a melhoria dos problemas abordados.

Os modelos desenvolvidos neste mestrado sugerem a hipótese de que a substituição do gasto energético humano para a realização de um determinado trabalho gera um aumento do gasto energético do ambiente. Em outras palavras, as simulações aqui apresentadas indicam aquilo com que a ciência já se preocupa há tempos: a ação antrópica decorrente do hábito de vida moderno preponderantemente sedentário impactando diretamente na questão da saúde.

Dar preferência à caminhada e ao uso da bicicleta para percursos pequenos e médios, utilizar as escadas em substituição ao elevador para andares próximos em um edifício, são alguns comportamentos que maximizam o gasto calórico corpóreo, colaborando com a saúde e o bem estar e ajudam a evitar uma maior degradação do meio ambiente.

Há de se ressaltar a importância da conscientização como primeiro passo para a mudança de atitudes. A partir disso, devem-se adotar ações que estimulem a prática de atividade física, importante componente de um estilo para vida considerado saudável e sustentável, bem como a disponibilização de espaços comuns e adequados ao pedestre e ao ciclista.

Independente do “quanto”, sempre que nos locomovermos, horizontal ou verticalmente, usando nossa própria energia estaremos fazendo um bem a nós mesmos, uma vez que gastamos nossas calorias, e ao ambiente, por não utilizarmos veículos e equipamentos que emitem poluentes na atmosfera. Por outro lado, quando utilizamos desnecessariamente tais máquinas estamos impactando, mesmo que de maneira pequena, o ambiente e não estamos trazendo nenhum benefício à nossa saúde.

Difícilmente uma pessoa subirá até o 30º andar de um edifício pelas escadas apenas para se exercitar e/ou evitar poluir o ambiente. Contudo, a atitude consciente de se locomover

até o 3º ou 4º andar pelas escadas, por exemplo, pode favorecer o gasto calórico do indivíduo evitando também a emissão de mais poluentes ao ambiente. Da mesma maneira, não se espera que uma pessoa caminhe 10 km para ir à padaria, mas caminhar pequenas distâncias, como poucos quarteirões, pode contribuir para seu emagrecimento e, ao mesmo tempo, deixar de emitir poluentes na natureza.

Além dos exemplos descritos neste trabalho, o conceito aqui desenvolvido e demonstrado por meio de modelos pode ser aplicado para a simulação de outras situações cotidianas que envolvam gasto energético e deslocamento. Para isto novos modelos poderiam ser criados e/ou novas características poderiam ser incorporadas aos já existentes.

Por exemplo, ao modelo pedestrianismo e ciclismo *versus* automóveis poderiam ser incorporados um maior número de veículos e pedestres, aclives e declives nas ruas, além de ciclovias, sinais de trânsito e pedágios. Desta maneira simulações poderiam avaliar, por exemplo, o impacto da “carona solidária” para a melhoria do tráfego urbano, ajudar a escolher o melhor lugar para a implantação de pedágios, os tempos de operação de sinais de trânsito “inteligentes”, levando-se em conta não somente aspectos do controle de tráfego, mas aqueles que favoreçam, também, as questões ambientais e de locomoção para pedestres e ciclistas.

Poderiam ser incorporadas ao modelo dos elevadores *versus* escadas características como escadas-rolantes com sensores de presença e elevadores que atendam a andares específicos, bem como passarelas e rampas para favorecer o deslocamento por meio de atividade física. As simulações seriam executadas, então, para avaliar se estas novas características evitariam o desperdício de energia elétrica e/ou aumentariam o gasto calórico.

Outra possível aplicação do conceito criado pensando em novas tecnologias seria através da criação de “games” educativos, por exemplo, um jogo onde o usuário marcaria mais pontos por gastar mais calorias e/ou poluir menos o ambiente ao se deslocar de um ponto “a” para um ponto “b” em um tempo determinado, inclusive com o acréscimo de fases com graus maiores de dificuldade. Outro exemplo para aplicação de tal conceito seria quando da criação de aplicativos para celulares, aparelhos de GPS e sites que medem a distância entre dois pontos para que estes levem em consideração não só a tempo de duração da viagem ou o custo financeiro para isso, mas que forneçam também a melhor rota e o meio de transporte mais adequado, com a opção para o pedestrianismo e o ciclismo, pensando na poluição gerada e nas calorias gastas no percurso.

6. REFERÊNCIAS

ADIDAS. **Adidas MiCoach**. Disponível em: www.adidas.com/micoach. Acesso em 23 dez. 2011.

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Committee on Nutrition. Policy statement: Prevention of pediatric overweight and obesity. **Pediatrics**. v.112, n.2, p.424-430, 2003.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 6. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 2000. 368p.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. **Diabetes Care**, v.3, n.2, p. S5-S10, 2007.

ANTUNES, H.K.M.; SANTOS, R.F.; HEREDIA, R.A.G.; BUENO, O.F.A.; MELLO, M.T. Alterações cognitivas em idosas decorrentes do exercício físico sistematizado. **Revista da Sobama**, São Paulo, v.6, n.1, p.27-33, 2001

ARAÚJO, D.S.M.S.; ARAÚJO, C.G.S. Aptidão física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde em adultos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Rio de Janeiro, v.6, n.5, p.194-203, 2000.

BALCI, O. Verification, Validation, and Certification of Modeling and Simulation Applications. **Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference**, New Orleans, LA, EUA, p.150-158. 2003.

BARUKI S.B., ROSADO L.E., ROSADO G.P., RIBEIRO R.C. Associação entre estado nutricional e atividade física em escolares da Rede Municipal de Ensino de Corumbá - MS. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Rio de Janeiro, v.12, n.2, p. 90-94, abr. 2006.

BATEMAN, R.; HARREL, C. **Simulação Otimizando os Sistemas**. 1 ed São Paulo: IMAM e Belge Simulação, 2005. 142 p.

BAUMAN, A.; SMITH, B. Geographical influences upon physical activity participation: Evidence of a “coastal effect”. **Australian and New Zealand Journal of Public Health**, Deakin, v.23, n.3, p.322-324, 1999.

BBCBRASIL. **Desastres naturais afetaram 117 milhões em 2007**. (Disponível em: http://www.bbc.co.uk.potuguese/reporterbbc/story/2007/08/0707813_aguaestudo). Acesso em 20 jul. 2011.

BLAIR, S.N.; CONNELLY, J.C. How much physical activity should we do? The case for moderate amounts of intensities of physical activity. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, v.67, n.2, p.193-205, 1996.

BOZOIAN, S.; REJESKI, W.J.; MCAULEY, E. 1994. Self-Efficacy influences feeling state associates with acute exercise. In: MACHADO, A.A. **Psicologia do Esporte: temas emergentes I**. Jundiaí: Ápice, 1997. 194p.

BRASIL. Ministério da saúde. **Anuário Estatístico de Saúde no Brasil-2001** (online). Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/saude/aplicacoes/anuario2001>. Acesso em 17 mai. 2011.

BRASIL. Ministério da ciência e tecnologia. **Fator de emissão da energia, 2008**. Disponível em: <https://www.mct.gov.br>. Acesso em: 21 nov. 2011.

BRAZ, M.S.A. Os Mecanismos de Cooperação Internacional para Redução de Emissões sob o Protocolo de Quioto. **Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União**, Brasília, n.9, p.139-159, out./dez. 2003.

BRIAN MAC SPORTS COACH. **Energy Expedintture**. Disponível em: <http://www.brianmac.co.uk/energyexp.htm>. Acesso em 20 dez. 2011.

BRITO, A. **Blender 3D: guia do usuário**. 4. ed. São Paulo: Novatec, 2010. 487p.

BOOTH, K.M.; PINKSTON, M.M.; POSTON, W.S. Obesity and the built environment. **Journal of American Dietetic Association**, Cambridge, v. 105, n.5 (Supl 1) p.110-117, 2005.

BOYD, H.; HILLMAN, M.; TUXWORTH, B. Promoting Cycling as a Way to a Healthier Life. **Anais do Velo City Graz-Maribor**, 1999.

BUXTON, O.M.; FRANK, A.S.; L'HERMITE-BALERIAUX, M.; LEPOULT, R.; TUREK, F.W.; VAN CAUTER, E. Roles of intensity and duration of nocturnal exercise in causing phase delays of human circadian rhythms. **American Journal of Physiology**, Washington, v.273, n.3, p.536-542, 1997.

CASPERSEN, C.J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSON, G.M. Physical activity, exercise end physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**, Boston, v.100, n.2, p.126-131, mar-abr, 1985.

CASTILHO, N. Índios obsesos. **Revista Planeta**, Cajamar: São Paulo, v.11, n.470, p.66-69, 2011.

CHEN, H.; ZHANG, S.M.; SCHWARZSCHILD, M.A.; HERNÁN, M.A.; ASCHERIO, A. Physical activity and the risk of Parkinson disease. **Neurology**, v.64, n.4, p.664-669, 2005.

CHERKAS, L.F.; HUNKIN, J.L.; KATO, B.S.; RICHARDS, J.B.; GARDNER, J.P.; SURDULESCU, G.L.; KIMURA, M.; LU, X.; SPECTOR, T.D.; AVIV, A. The association between physical activity in leisure time and leukocyte telomere length. **Archives of International Medicine**, v.168, n.2, p.154-158, 2008.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 1 ed. São Paulo: Bravarte, 2006. 254 p.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: 1.ed. Fundação Getúlio Vargas, 1988, 428p.

COOK E. **Man, Energy, Society**. W.H. Freeman and Co, San Francisco, EUA, 1976, 478p.

COOPER, K.H. **O programa aeróbico para o bem estar total**. Rio de Janeiro, Nordica, 1982.

De MASI, D.. **O Futuro do Trabalho: fadiga e ócio na sociedade pós-industrial**. 6. Ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2001. 354p.

DeSOMBRE, E. R. Ozone Depletion and Climate Change. **The Global Environment and World Politics**. 2Ed. New York: Continuum, p. 112-146. 2007.

DOMINGOS, N. P. **O Protocolo de Kyoto: a União Européia na liderança do Regime de Mudanças Climáticas**. 2007. 136f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Relações Internacionais “San Tiago Dantas” PUC-SP/UNESP/UNICAMP, São Paulo, 2007.

DORA C.A different route to health: implications of transport policies. **British Medical Journal**, London, v. 318, p.1686-1689, 1999

FAHEY, T.; INSEL, P.M.; ROTH, W.T. **Fit & Well: Core concepts and labs in physical fitness and wellness**. 3. ed. Mountain View: Mayfield, 1999.

FARINATTI, P.V.T. Apresentação de uma Versão em Português do Compêndio de Atividades Físicas: uma contribuição aos pesquisadores e profissionais em Fisiologia do Exercício. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, Rio de Janeiro, v.2, p.177-207, 2003.

FERRAIS, A.S.; BUGLIA, S. Condutas práticas no paciente hipertenso que será submetido ao teste ergométrico. **Revista Brasileira de Hipertensão**, São Paulo, v.8, n.3, p.344-346, 2001.

FLEGAL, M.G.; CARROLL, M.D.; KUCZMARSZAKI, R.J.; JOHNSON, C.L. Overweight and obesity in the United States: prevalence and trends, 1960-1994. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, London, v.22, n.1, p.39-47, 1998.

FOREYT J.; GOODRICK K. The ultimate triumph of obesity. **The Lancet**, London, v.346, n.8968, p.134-135, 1995.

FRANK, L.D.; ANDERSEN, M.A.; SCHMID, T.L. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. **American Journal of Preventive Medicine**, Nova York, v.244, n.2, p.87-96, 2004.

GOLDEMBERG, J. Mudanças climáticas e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, São Paulo: v. 14, n. 39, p.77-83, 2000.

GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L.D. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. Edusp. São Paulo, 2003, 226p.

GUEDES, D.P.; GUEDES, J.E.R.P. **Controle de peso corporal, composição corporal, atividade física e nutrição**. Londrina: Mediograf, 1998, 220p.

GUS, I.; FISCHMANN, A.; MEDINA, C. Prevalência dos Fatores de Risco da Doença Arterial Coronariana no Estado do Rio Grande do Sul, **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v.78, n.5, p.478-83, 2002

HASKELL, W.L.; LEE, I.; PATE, R. R.; POWELL, K. E.; BLAIR, S. N.; FRANKLIN, B.; MACERA, C. A.; HEATH, G. W.; THOMPSON, P. D.; BAUMAN, A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.39, p.1423-1434, 2007.

HENDRIKSEN, I.J. M.; ZUIDERVELD, B.; KEMPER, H.C.G.; BEZEMER, P.D. Effect of commuter cycling on physical performance of male and female employees. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, n.2, p.504-510, 2000.

HILL, J.O.; PETERS, J.C. Environmental contributions to the obesity epidemic. **Science**. Washington, v.280, n. 5368, p.1371-1374, 1998.

HEYWOOD, V. (1998) O Manual de Certificação de Aptidão Física de Especialista, o Instituto Cooper de Pesquisa Aeróbica, em Dallas TX, revista em 1997. In: HEYWOOD, V. **Avaliação Física e Prescrição de Exercício antecipado**, 3. ed. Leeds: Motricidade Humana, 1998. p. 48.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **POF 2008-2009: desnutrição cai e peso das crianças brasileiras ultrapassa padrão internacional**, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 1 de set. 2011.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2008/>. Acesso em: 1 ago. 2011.

INICIATIVA VERDE. **Carbon free** – Calculadora. Disponível em: <http://www.iniciativaverde.org.br/pt/calculadora>. Acesso em 21 dez. 2011.

INOUE, K.; SHONO, T.; MATSUMOTO, M. **Absence of outdoor activity and mortality risk in older adults living at home**. JAPA, v.14, n.2, p.203-211, 2006. Disponível em: <http://www.humankinetics.com/JAPA/>. Acesso em 10 jul. 2011.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **Diabetes atlas: executive summary**. Brussels: Belgium, 2003. Disponível em: <http://www.eatlas.idf.org/webdata/docs/>. Acesso em: 23 jul.2011.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO₂ emission from fuel combustion – Highlights**. Disponível em: http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2452. Acesso em 10 nov. 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acesso em: 17 jul. 2011.

_____. **Climate Change 2001: Synthesis Report. Summary for Policymakers.** Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pub/un/syren/spm.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2011.

JEQUIER, E. Pathways to obesity. **International Journal of Obesity Related to Merabolic Disorder**, London, v. 26 (Supl), p.12-17 (Review), 2002.

JUNQUEIRA, M.S.D. "Adicionalidade" ambiental do álcool combustível: um benefício ambiental verdadeiro ou somente mais uma matriz energética - um estudo do ciclo de vida deste combustível. **RAE electron.**, São Paulo, v. 1, n. 1, Junho 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br> . Acesso em: 05 mai. 2011.

KEULEN, H.van.; WOLF, J. **Modeling of agricultural production: Weather, soils and crops.** Wageningen: Pudoc, 1986. 463p.

KRUPA, S.V. Global Climate Change: processes and products an overview. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 46, p. 73-88, 1997

LAW, A.M.; KELTON, W.D. Simulation modeling and analysis. 2. Ed. New York: MacGraw-Hill, 1991, 759p..

LEARNING EASY TOOLS: Agronegócio. Disponível em: <http://www.learningtools.com.br/agro101/simuladorco2.aspx>. Acesso em 20 dez. 2011.

LIMA, M.A. Emissão de Gases de Efeito Estufa. Embrapa-Jaguariúna. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento.** 2005. Disponível em: http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio17/17_egee.pdf. Acesso em: 18 out.2011.

MACHADO, A.A. **Psicologia do Esporte:** temas emergentes I. Jundiaí: Ápice, 1997. 194p.

MANUAL MERCK. Doença Arterial Coronariana, Capítulo 27- Seção 3. **Distúrbios do Coração e dos Vasos Sanguíneos.** 2011. Disponível em: <http://www.manualmerck.net/> Acesso em: 27 ago. 2011.

MARENGO, J.A. Água e Mudanças Climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J.A; SOARES, W. **Impacto das modificações da mudança climática** - Síntese do Terceiro Relatório do IPCC. Condições climáticas e recursos hídricos no Norte do Brasil. Porto Alegre, Brasil: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA, p.209-233, 2003.

MARIA, A. Introduction to Modeling and Simulation, **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**. Atlanta, GA, EUA, p.7-13, 1997.

MATSUDO, S.M.M. **Envelhecimento, atividade física e saúde**. BIS, Boletim do Instituto de Saúde, São Paulo, n.47, p.76-79. 2009. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/>. ISSN 1518-1812. Acesso em 1 jun. 2011.

MATSUDO, S. M. M.; MATSUDO, V. K. R.; ANDRADE, D. R.; ARAÚJO, T. L.; PRATT, M. **Evaluation of a physical activity promotion program**: The example of Agita São Paulo. Elsevier, Amsterdam, v. 29, p. 301-311, 2006.

MAZZEO, R.S.; CAVANAGH, P.; EVANS, W.J.; FIATARONE, M.; HAGBERG, J.; McAULEY, E.; STARTZELL, J. Exercício e atividade física para pessoas idosas. **Revista brasileira de Atividades Física e Saúde**, Londrina, v.3, n.1, p. 48-78, 1998

McARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício**: energia, nutrição e desempenho humano. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 510 p

MELZER K.; KAYSER B.; PICHARD, C. Physical activity: the health benefits outweigh the risks. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, London, v.7, n.6, p.641-647, 2004.

MENDES, B.; BEZERRA, ALVES, J.G.B.; ALVES, A.V.; SIQUEIRA, P.P.; FREIRE, E.F.de C. Associação de fatores de risco para doenças cardiovasculares em adolescentes e seus pais. **Revista Brasileira de Saúde Materna Infantil**, Recife, v.6, n.1, p.49-54, 2006.

MIRANDA-SÁ Jr, L.S.de. **Desconstruindo a definição de saúde**. Jornal do Conselho Federal de Medicina, São Paulo, jul/ago/set de 2004, p.15-16. Disponível em: <http://www.portalmedico.org.br>. Acesso em: 25 ago. 2011.

MIRANDA M.J.; BAPTISTA T.J.R. A Poluição do ar na cidade de Goiânia - GO e a prática de exercícios físicos. **Educação Física em Revista**, Taguatinga, v.3, p. 86-100, 2009.

MOLION, L.C.B. Global warming: a critical review. **Revista Geofísica**. Instituto PanAmericano de Geografia e Historia, Mexico, DF. v.43, n.2. p.77-86, 1995.

NIKE. Nike +. Disponível em:

http://nikerunning.nike.com/nikeos/p/nikeplus/pt_BR/plus/#!/dashboard/. Acesso em 21 dez. 2011.

OLIVEIRA, O. A.; TAGLIANI, C. R. O patrimônio arqueológico no extremo sul do Brasil: importância, impactos e alternativas para a preservação. In: XII Encuentro de Geógrafos de América Latina. 2009, Montevideo. **Anais:...** Montevideo: abril de 2009.

PIETROBELLI, A., ALLISON, D.B., HESHKA, S. Sexual dimorphism in the energy content of weight change. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, London, v.26, p.1339–1348, 2002.

PINHEIRO, L.A.F.; COUTO, A.A.; SILVA, E.N. Sobrevida e morbidade na hipertensão arterial tratada - um estudo clínico. **Revista da Sociedade Brasileira de Cardiologia**, São Paulo, Set-Out, v.1, n.2, p.16-26, 2003.

POPKIN, B.M. The shift in stages of the nutrition transition in the developing world differs from past experiences! **Public Health Nutrition**, Cambridge, v.5, n.1A, p.205-214, 2002.

PROCTOR, M.H., MOORE, L.L., CUPPLES, L.A., BRADLEE., HOOD, M.Y.; ELLISON, R. C. Television viewing and change in body fat from preschool to early adolescence: the Framingham Children's Study. **International Journal of Obesity**, London, v.27, n.7, p.827–833. 2003.

REGO, R.A.; BERARDO F.A.N.; RODRIGUES S.S.R.; OLIVEIRA Z.M.A.; OLIVEIRA M.B.; VASCONCELLOS C.; AVENTURATE L.V.O.; MONCAU J.E.C.; RAMOS L.R. Fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis: inquérito domiciliar no Município de São Paulo, SP (Brasil). Metodologia e resultados preliminares. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, 24: 277-85,1990.

REIS, C.P. Obesidade e Atividade Física. **EFDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, n.130, 2009. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd130/obesidade-e-atividade-fisica.htm>. Acesso em 25 set. 2011.

REVISTA VEJA. **Calculadora do Aquecimento**, 2010. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/complementos-materias/calculadora-aquecimento/info-popup.shtml>. Acesso em 20 dez. 2011.

RIBEIRO, W.C. O Brasil na Ordem Ambiental Internacional. In: RIBEIRO, W.C. (Org.). **Patrimônio Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo e Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, v.1, p.601-619. 2003.

RONQUE, E.R.V.; CYRINO, E.S.; DÓREA V.R.; SERASSUELO JÚNIOR, H.; GALDI, E.H.G.; ARRUDA, M. Prevalência de sobrepeso e obesidade em escolares de alto nível socioeconômico em Londrina, Paraná, Brasil. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 18, n.6, p. 709-717, nov./dez. 2005.

RUNNING TOOLS. **Calculation energy usage by sport**. Disponível em: <http://www.runningtools.com/energyusage.htm>. Acesso em: 18 dez. 2011.

RUIZ-CORREA, S. T.; DOURADO-NETO, D.; LORENCONI, R. ; SCARPARE, F. V. ; VIVIAN, R. ; RUIZ, E. T.. Aplicações e limitações da modelagem em agricultura - Revisão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 86, n.1, p. 01-13, 2011.

SALLIS, J.S.; OWEN, N. *Physical activity & Behavioral Medicine*. Londres. **SAGE Publications**, 1998.

SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente. **Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. 2003. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/proclima/PDF/inventario_efeitoestufa.pdf. Acesso em 21 mai. 2011.

SARGENT, R.G. Verification and Validation of Simulation Models. **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference**. p.130-143. Orlando, FL, EUA, 2005.

SARTORELLI, D.S.; FRANCO, L.J. Tendências do diabetes mellitus no Brasil: o papel da transição nutricional. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.19, n.1, p.S29-S36, 2003.

SCHUIT, A. J.; FESKENS, E. J.; LAUNER, L. J.; KROMHOUT, D. Physical Activity and cognitive decline, the role of apolipoprotein 4ed. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.3, n.5, p.772-777, 2001.

SOARES, G.F.S. **Dos anos 60 à Conferência da ONU de 1972 (Estocolmo)**. Direito internacional do meio ambiente – emergências, obrigações e responsabilidades. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2003. 54p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. **Obesidade na infância e adolescência – Manual de Orientação**. Departamento de Nutrologia, São Paulo: Sociedade Brasileira de Pediatria. Departamento de Nutrologia, 2008.116 p.

SODRÉ, U. **Modelos Matemáticos: Curso Introdutório**. Universidade Estadual de Londrina-UEL, Paraná, 2007, 27p.

STAHL, T.; RÜTTEN, A.; NUTBEAM, D. The importance of the social environment for physically active lifestyle – results from an international study. **Social Science & Medicine**, Elsevier (Amsterdam), v.52, n.1, p.1-10, 2001.

SILVA, M.A.M.; RIVERA, R.I.; FERRAZ, M.R.M.T.; PINHEIRO, A.J.T.; ALVES, S.W.S.; MOURA, A.A. Prevalência de fatores de risco cardiovascular em crianças e adolescentes da rede de ensino da cidade de Maceió. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 84, p. 387-92, 2005.

SKINNER, B.J.; PORTER, S.C. **The dynamic Earth**. An introduction to physical geology. Fourth edition. New York: John Wiley & Sons, 2000. 112 p.

TEIXEIRA, P.H.; RUIZ, E.T.; FISCHER, C.N. **Controle Energético**. Grupo de Bioinformática, UNESP-Rio Claro, 2010. Disponível em: http://gbirc.rc.unesp.br/calculador_impacto/. Acesso em 19 dez. 2011.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento de Cidades**. 2008. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001576/157636por.pdf> . Acesso em 26 fev. 2012.

UNIVERSIDADE DO COLORADO. **Interactive Simulations**. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>. Acesso em: 18 dez. 2011.

VAN BOXTEL, M.P.; PAAS, F.G.;HOUX, P.J.ADAM, J.J.; TEEKEN, J.C.; JOLLES, J. Aerobic capacity and cognitive performance in a cross-sectional aging study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.29, p.1357-1365, 1997

VAN KEULEN, H. Evaluation of models. In: G.W., ARNOLD; C.T. de WIT (Eds.) **Critical Evaluation of Systems Analysis**. Wageningen: Pudoc., 1976.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity and overweight**. 2007. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/>. Acesso em: 26 ago. 2011.

_____. **Envelhecimento ativo: uma política de saúde: uma política de saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2005. 60p.

_____. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Genebra, 2003. (Relatório Técnico n. 916).

_____. **Guidelines on improving the physical fitness of employees.** European Centre for Environment and Health. Bilthoven, 2000.

_____. **Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications.** Geneva, 1999. 59 p.

ZAGO, A.S.; ZANESCO, A. Nitric oxide, cardiovascular disease and physical exercise. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v.87, n.6, p.264-270, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Modelo Pedestrianismo e ciclismo *versus* veículos automotivos (versão I)

Propriedades do objeto “veículo automotivo”

Add Property				
Del	Float	Name:dAnd	0.000	D
Del	Float	Name:dCor	0.000	D
Del	Float	Name:dist	0.000	D
Del	Float	Name:emissaosem	0.000	D
Del	Int	Name:vezsem	1	D
Del	Int	Name:start	1	D
Del	Int	Name:cP	0	D
Del	String	Name:combustivel	diesel	D

O objeto em questão atua com as seguintes propriedades:

$dAnd$ = distância percorrida (20km.h^{-1})

$dCor$ = distância percorrida (40km.h^{-1})

$dist$ = distância percorrida armazenada

$emissaosem$ = emissão de CO_2 gerada em uma semana

$vezsem$ = número de vezes que o carro faz o percurso por semana

$Start$ = para armazenar se o *script* já foi executado ou não

cP = para controle do *frame* da animação

$combustivel$ = combustível utilizado pelo carro (álcool, gasolina, gás ou diesel)

Blocos lógicos do objeto “veículo automotivo”



- **Sensores**

Selecionam-se 3 sensores:

Keyboard (Tecla 4) - uma volta na avenida andando (20 km.h^{-1})

Keyboard (Tecla 5) - uma volta na avenida correndo (40 km.h^{-1})

Sensor “always” - ligado ao *script* loop2

- **Controladores**

Selecionam-se 3 controladores:

2 controladores do tipo “and” que ligam os sensores “4 e 5” aos seus respectivos atuadores “IPO”. Controlador do tipo “python” que ativa o *script* loop2

- **Atuadores**

Selecionam-se 2 atuadores:

“IPO” que inicia a animação do *frame* 1 até o *frame* 250

“IPO” que inicia a animação do *frame* 250 até o *frame* 374

Script Python (loop2) associado ao objeto “veículo automotivo”

```
import Blender
import math
```

```
cont = GameLogic.getCurrentController()
scene = GameLogic.getCurrentScene()
objList = scene.objects
own = cont.owner
carro = own
#valor para que o espaço percorrido = 10km
x = 0.00068
Blender.ativc = 0
```

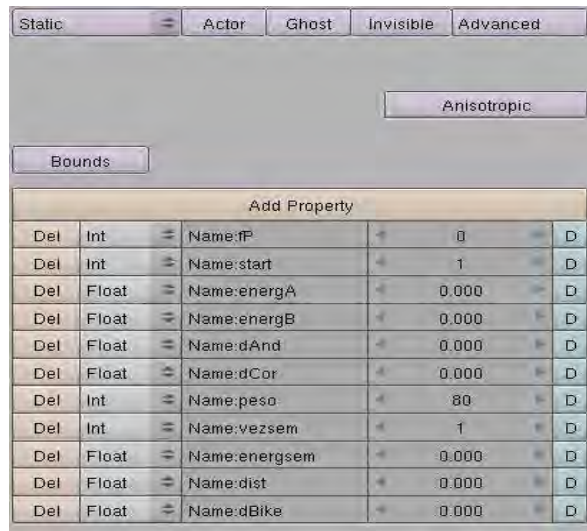
```

if own["cP"] == 1 and own['start'] == 1:
    Blender.disc = 0
    Blender.co2 = 0
if own["cP"] > 1 and own["cP"] < 250:
    GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBnuvem", "OBc")
    own['dAnd'] = own['dAnd'] + (x*4)
    own['start'] = 2
    Blender.ativc = 4
elif own["cP"] > 250 and own["cP"] < 374:
    GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBnuvem", "OBc")
    own['dCor'] = own['dCor'] + (x*8)
    own['start'] = 2
    Blender.ativc = 5
if(carro['combustivel'] == 'alcool'):
    valCom = 1.99
    ValEmis = 0.175
    KmMedio = 9
elif(carro['combustivel'] == 'diesel'):
    valCom = 2.09
    ValEmis = 0.280
    KmMedio = 9.2
elif(carro['combustivel'] == 'gasolina'):
    valCom = 2.69
    ValEmis = 0.217
    KmMedio = 12.8
elif(carro['combustivel'] == 'gnv'):
    valCom = 1.49
    ValEmis = 0.133
    KmMedio = 14.9

own['dist'] = own['dCor'] + own['dAnd']
carro['emissaosem'] = carro['dist'] * carro['vezsem'] * ValEmis
Blender.co2 = carro['emissaosem']
Blender.disc = own['dist']

```

Propriedades do objeto “homem”



Del	Int	Float	Name	Value	D
			Name:FP	0	D
			Name:start	1	D
			Name:energA	0.000	D
			Name:energB	0.000	D
			Name:dAnd	0.000	D
			Name:dCor	0.000	D
			Name:peso	80	D
			Name:vezsem	1	D
			Name:energsem	0.000	D
			Name:dist	0.000	D
			Name:dBike	0.000	D

O objeto “homem”, neste modelo, atua com as seguintes propriedades:

fP = para controle do *frame* da animação

Start = para armazenar se o *script* já foi executado ou não

energA = armazena energia (andando)

energB = armazena energia (correndo)

dAnd = distância percorrida (andando)

dCor = distância percorrida (correndo)

peso = onde fica armazenado o peso da pessoa

vezsem = número de vezes que a pessoa faz o percurso

energsem = armazena energia (bicicleta)

dist = distância percorrida armazenada

dBike = distância percorrida (bicicleta)

Blocos lógicos do objeto “homem”



- **Sensores**

Selecionam-se 4 sensores:

Keyboard (Tecla 1) - dá uma volta na avenida andando (5 km.h^{-1})

Keyboard (Tecla 2) - dá uma volta na avenida correndo (10 km.h^{-1})

Keyboard (Tecla 3) - dá uma volta na avenida de bike (20 km.h^{-1})

Sensor “always” - ligado ao *script* LOOP.

- **Controladores**

Selecionam-se 4 controladores:

3 controladores do tipo “and” que ligam os sensores “1,2 e 3” aos seus respectivos atuadores

“IPO” e um controlador do tipo “python” que ativa o *script* LOOP

- **Atuadores**

Selecionam-se 3 atuadores:

“IPO” que inicia a animação do *frame* 1 até o *frame* 1001

“IPO” que inicia a animação do *frame* 1001 até o *frame* 1501

“IPO” que inicia a animação do *frame* 1501 até o *frame* 1751

Script Python (loop) associado ao objeto “homem”

```
import Blender
import math
```

```
cont = GameLogic.getCurrentController()
scene = GameLogic.getCurrentScene()
objList = scene.objects
own = cont.owner
pessoa = own
#valor para que o espaco percorrido = 10km
x = 0.00068
```

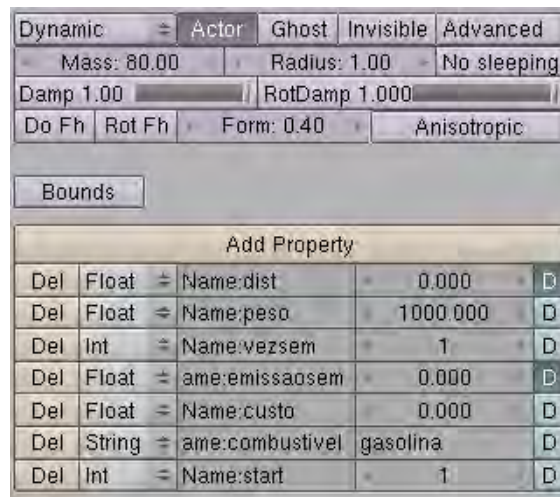
```
Blender.ativ = 0
if own["fP"] == 1 and own['start'] == 1:
    Blender.distp = 0
    Blender.co2 = 0
if own["fP"] > 1 and own["fP"] < 1001:
    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBp")
    own['dAnd'] = own['dAnd'] + x
    pessoa['energA'] = 0.6 * pessoa['dAnd'] * pessoa['peso'] * pessoa['vezsem']
    own['start'] = 2
    Blender.ativ = 1
elif own["fP"] > 1001 and own["fP"] < 1501:
    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBp")
    own['dCor'] = own['dCor'] + (x*2)
    pessoa['energB'] = 1.0 * pessoa['dCor'] * pessoa['peso'] * pessoa['vezsem']
    own['start'] = 2
    Blender.ativ = 2
elif own["fP"] > 1501 and own["fP"] < 1751:
    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBp")
    own['dBike'] = own['dBike'] + (x*4)
    pessoa['energsem'] = 0.4 * pessoa['dist'] * pessoa['peso'] * pessoa['vezsem']
    own['start'] = 2
    Blender.ativ = 3
```

```
Blender.emag = pessoa['energsem'] + pessoa['energA'] + pessoa['energB']
own['dist'] = own['dCor'] + own['dAnd'] + own["dBike"]
Blender.distp = own['dist']
```

APÊNDICE B

Modelo Pedestrianismo e ciclismo *versus* veículos automotivos (versão II)

Propriedades do objeto “veículo automotivo”



O objeto em questão atua com as seguintes propriedades:

dist= onde fica armazenado a distância percorrida

peso= onde fica armazenado o peso do carro (padrão 1000)

vezsem= número de vezes que o carro faz o percurso

emissaosem= emissão de CO₂ gerada em uma semana

custo= custo em R\$ gerada em uma semana

combustivel= combustível que o carro utiliza (álcool, gasolina, gás, diesel)

Start = para armazenar se o *script* já foi executado ou não

Blocos lógicos do objeto “veículo automotivo”



- **Sensores**

Selecionam-se 7 sensores:

Up - tecla seta para cima

Down- tecla seta para baixo

Esq - tecla seta para esquerda

Dir - tecla seta para direita

AC - para aceleração do objeto

Cam - para ativar a câmera que está ligada ao carro (chamada cam1)

Sensor “*always*” - ligado ao controlador “*and*”

- **Controladores**

Selecionam-se 3 controladores:

O controlador *Python* ativa o *script* “*cubo2*” para que o mesmo seja iniciado. Os controladores “*and*” ativam os sensores das câmeras “*cam*” ao atuador “*act*”.

- **Atuadores**

Selecionam-se 3 atuadores:

Atuador “*mov*” que é utilizado nos códigos *python* para locomover o objeto

2 atuadores “*act*” responsáveis pela ativação das câmeras.

Script Python (cubo2) associado ao objeto “veículo automotivo”

```
import Blender
import math
```

```
sceneList = GameLogic.getSceneList()
#objList = sceneList[1].objects
#for obj in objList:
#    if obj.name == "OBpont":
#        #ponteiro = obj
#        #a = 1
#        #break
```

```
# associa sensores, atuadores e objetos a variáveis locais
# associa o controlador corrente a variavel controller
controller = GameLogic.getCurrentController()
#associa o controlador a variavel carro
carro = controller.owner
own = carro
```

```
#associa o sensor "up" a variavel TriggerU (e assim para as outras)
triggerU = controller.sensors['up']
```

```

triggerDw = controller.sensors['down']
triggerE = controller.sensors['esq']
triggerD = controller.sensors['dir']
trSpdUp = controller.sensors['ac']
#associa o atuador "mov" (que fara os deslocamentos em X E Y) a variavel action
action = controller.actuators['mov']
#valores para o carro normal
desloc = 0.018
distdes = 0.000105
vel = 20
if own['start'] == 1:
    Blender.distC = 0
    Blender.co2 = 0

#caso o mesmo estivesse "correndo" (tecla SHIFT pressionada)
if trSpdUp.positive:
    desloc = 0.036
    distdes = 0.000210
    vel = 40

#caso o sensor "up" estiver ativo (tecla "seta para cima")
if triggerU.positive:
    #atribui um deslocamento no eixo Y de valor "desloc" (dLoc=[X,Y,Z])
    action.dLoc=[0,desloc,0]
    #ativa e destativa a acao
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    #soma distancia atual com a percorrida
    carro['dist'] = carro['dist'] + distdes
    own['start'] = 2

#caso o sensor "down" estiver ativo (tecla "seta para baixo")
elif triggerDw.positive:
    #atribui um deslocamento no eixo Y de valor "-desloc" (dLoc=[X,Y,Z])
    action.dLoc=[0,-desloc,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    carro['dist'] = carro['dist'] + distdes
    own['start'] = 2

#caso o sensor "esq" estiver ativo (tecla "seta para esquerda")
elif triggerE.positive:
    #atribui um deslocamento no eixo X de valor "-desloc" (dLoc=[X,Y,Z])
    action.dLoc=[-desloc,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    carro['dist'] = carro['dist'] + distdes
    own['start'] = 2

#caso o sensor "dir" estiver ativo (tecla "seta para direita")
elif triggerD.positive:
    #atribui um deslocamento no eixo X de valor "desloc" (dLoc=[X,Y,Z])
    action.dLoc=[desloc,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)

```



```

    carro['dist'] = carro['dist'] + distdes
    own['start'] = 2

#Caso nenhuma tecla estiver pressionada
if not(triggerD.positive) and not(triggerDw.positive) and not(triggerE.positive) and
not(triggerU.positive):
    #deslocamento = 0
    action.dLoc=[0,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    vel = 0
s = GameLogic.getCurrentScene()
#OBcirc = s.getObjectList()["OBcirc"]
if triggerD.positive or triggerDw.positive or triggerE.positive or triggerU.positive:
    GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBbarriga", "OBCube")
    GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBnuvem", "OBCube")

#verifica qual combustível é, para fazer os cálculos com os valores corretos
if(carro['combustivel'] == 'alcool'):
    valCom = 1.99
    ValEmis = 0.175
    KmMedio = 9
elif(carro['combustivel'] == 'diesel'):
    valCom = 2.09
    ValEmis = 0.280
    KmMedio = 9.2
elif(carro['combustivel'] == 'gasolina'):
    valCom = 2.69
    ValEmis = 0.217
    KmMedio = 12.8
elif(carro['combustivel'] == 'gnv'):
    valCom = 1.49
    ValEmis = 0.133
    KmMedio = 14.9

#(carro['emissaosem'] / 1.53) * 1.88
carro['custo'] = (carro['dist']/KmMedio) * valCom

# emissão (Kg Co2) = ValEmis * dist (km)
carro['emissaosem'] = carro['dist'] * carro['vezsem'] * ValEmis
Blender.distC = carro['dist']
Blender.co2 = carro['emissaosem']

```

Propriedades do objeto “homem”

Del	Type	Name	Value	Unit
	Float	Name:dist	0.000	D
	Float	Name:energsem	0.000	D
	Float	Name:peso	80.000	D
	Int	Name:vezsem	1	D
	Float	Name:emagrsem	0.000	D
	Float	Name:emissaosem	0.000	D
	String	Name:tipo	bike	D
	Float	Name:dAnd	0.000	D
	Float	Name:dCor	0.000	D
	Float	Name:energA	0.000	D
	Float	Name:energB	0.000	D
	Int	Name:a	0	D
	Int	Name:b	0	D
	Int	Name:start	1	D

O objeto “homem”, neste modelo, atua com as seguintes propriedades:

dist = onde fica armazenado a distância percorrida

energsem= energia gasta em uma semana

peso =onde fica armazenado o peso da pessoa

vezsem= número de vezes que a pessoa faz o percurso

emagsem= Calorias que a pessoa emagrece em uma semana

emissaosem=emissão de CO₂ gerada em uma semana

tipo=Se a pessoa está caminhando, correndo ou de bicicleta

dAnd=distância percorrida enquanto está andando

dCor= distância percorrida enquanto está correndo

energA= energia gasta enquanto está andando

energB= energia gasta enquanto está correndo

Start = para armazenar se o *script* já foi executado ou não

Blocos lógicos do objeto “homem”



- ***Sensores***

Selecionam-se 6 sensores:

Up – tecla seta para cima

Down – tecla seta para baixo

Esq – tecla seta para esquerda

Dir – tecla seta para direita

AC – para aceleração do objeto

Cam – para ativar a câmera que está ligada a pessoa (chamada cam2)

- ***Controladores***

Selecionam-se 2 controladores:

Controlador Python “*cont2*” que ativa o *script* “*pessoa*” para que o mesmo seja iniciado.

Controlador “*and*” que ativa o sensor “*cam*” ao atuador “*act*”

- ***Atuadores***

Selecionam-se 2 atuadores:

Atuador “*mov*” que é utilizado nos códigos *python* para locomover o objeto

Atuador “*act*” responsável para ativação da câmera.

Script Python (pessoa) associado ao objeto “homem”

```
import Blender
import math
```

```
s = GameLogic.getCurrentScene()
```

```
# associa sensores, atuadores e objetos a variáveis locais
controller = GameLogic.getCurrentController()
pessoa = controller.owner
own = pessoa
```

```

triggerU = controller.sensors['up']
triggerDw = controller.sensors['down']
triggerE = controller.sensors['esq']
triggerD = controller.sensors['dir']
trSpdUp = controller.sensors['ac']
action = controller.actuators['mov']
totalRot = 0
if own['start'] == 1:
    Blender.distP = 0
    Blender.emag = 0

#define os atributos de acordo com o tipo, se for bicicleta ou "a pe"
if pessoa['tipo'] == "bike":
    desloc = 0.018
    distdes = 0.000105
    vel = 20
else:
    desloc = 0.0045
    distdes = 0.000026 #0.0005
    vel = 5
    #se a tecla correr (espaco) estiver pressionada
    if trSpdUp.positive:
        desloc = 0.0090
        distdes = 0.0000525
        vel = 10

# ^ caso esteja correndo
if triggerU.positive and trSpdUp.positive:
    #guarda apenas a distancia percorrida na corrida
    pessoa['dCor'] = pessoa['dCor'] + distdes
    action.dLoc=[0,desloc,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    own['start'] = 2

# ^ caso esteja somente andando
elif triggerU.positive and not(trSpdUp.positive):
    #aplica um deslocamento no eixo Y (dLoc[X,Y,Z])
    action.dLoc=[0,desloc,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    #guarda apenas a distancia percorrida enquanto anda
    pessoa['dAnd'] = pessoa['dAnd'] + distdes
    own['start'] = 2

# v caso esteja correndo
elif triggerDw.positive and trSpdUp.positive:
    action.dLoc=[0,-desloc,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    pessoa['dCor'] = pessoa['dCor'] + distdes
    own['start'] = 2

```

```

# \ caso esteja somente andando
elif triggerDw.positive and not(trSpdUp.positive):
    action.dLoc=[0,-desloc,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    pessoa['dAnd'] = pessoa['dAnd'] + distdes
    own['start'] = 2

# < caso esteja correndo
elif triggerE.positive and trSpdUp.positive:
    action.dLoc=[-desloc,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    pessoa['dCor'] = pessoa['dCor'] + distdes
    own['start'] = 2

# < caso esteja somente andando
elif triggerE.positive and not(trSpdUp.positive):
    action.dLoc=[-desloc,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    pessoa['dAnd'] = pessoa['dAnd'] + distdes
    own['start'] = 2

# > caso esteja correndo
elif triggerD.positive and trSpdUp.positive:
    action.dLoc=[desloc,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    pessoa['dCor'] = pessoa['dCor'] + distdes
    own['start'] = 2

# > caso esteja somente andando
elif triggerD.positive and not(trSpdUp.positive):
    action.dLoc=[desloc,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    pessoa['dAnd'] = pessoa['dAnd'] + distdes
    own['start'] = 2

# caso esteja parado
if not(triggerD.positive) and not(triggerDw.positive) and not(triggerE.positive) and
not(triggerU.positive):
    action.dLoc=[0,0,0]
    controller.activate(action)
    controller.deactivate(action)
    vel = 0
if triggerD.positive or triggerDw.positive or triggerE.positive or triggerU.positive:
    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBnuvem", "OBCube")
    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBCube")

```

```
#soma as dpistancias (correndo e andando) e exhibe a distancia percorrida
pessoa['dist'] = pessoa['dAnd'] + pessoa['dCor']

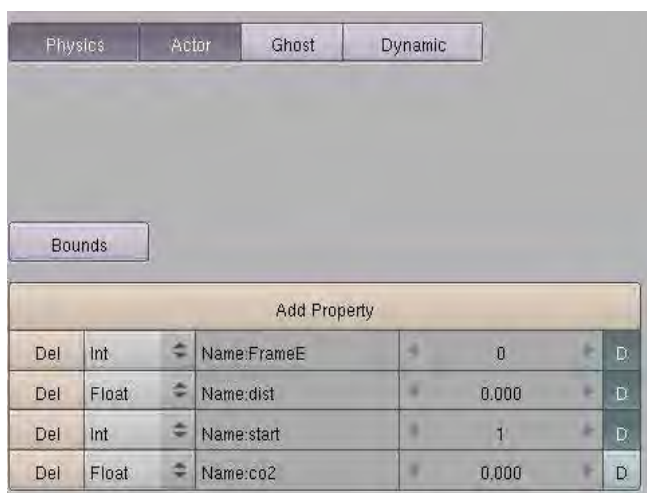
# Caminhada - Gasto energetico - caso esteja "a pe"
# valor * km * kg
if pessoa['tipo'] <> "bike":
    pessoa['energA'] = 0.6 * pessoa['dAnd'] * pessoa['peso'] * pessoa['vezsem']
    pessoa['energB'] = 1.0 * pessoa['dCor'] * pessoa['peso'] * pessoa['vezsem']
    pessoa['energsem'] = pessoa['energA'] + pessoa['energB']
else: # caso esteja de bicicleta
    pessoa['energsem'] = 0.4 * pessoa['dist'] * pessoa['peso'] * pessoa['vezsem']

# Emagrecimento
pessoa['emagrsem'] = pessoa['energsem']
Blender.distP = pessoa['dist']
Blender.emag = pessoa['emagrsem'];
```

APÊNDICE C

Modelo Elevadores *versus* escadas

Propriedades do objeto “elevador”



O objeto é do tipo “*physics*” e “*actor*”, com as seguintes propriedades:

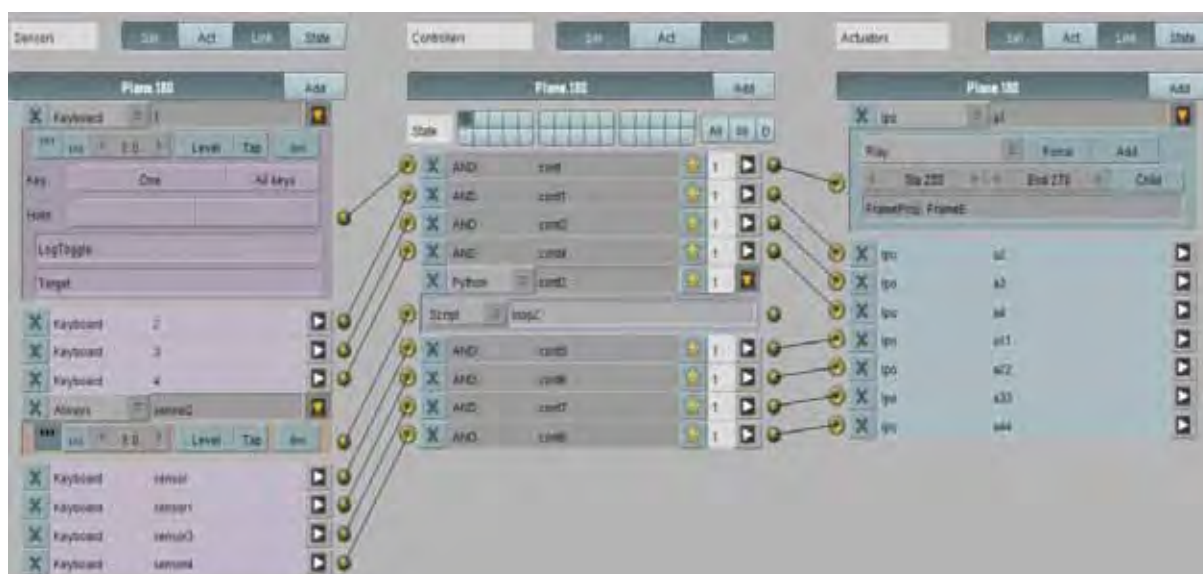
FrameE = para controle do *frame* da animação

Dist = para armazenar o tempo

Start = para armazenar se o *script* já foi executado ou não

CO₂ = para armazenar o CO₂

Blocos lógicos do objeto “elevador”



- **Sensores**

Selecionam-se os sensores:

Keyboard (Tecla1) - Sobe (do térreo) para o primeiro andar

Keyboard (Tecla2) - Sobe (do térreo) para o segundo andar

Keyboard (Tecla3) - Sobe (do térreo) para o terceiro andar

Keyboard (Tecla4) - Sobe (do térreo) para o quarto andar

Keyboard (Tecla Q) - Desce do primeiro andar para o térreo

Keyboard (Tecla W) - Desce do segundo andar para o térreo

Keyboard (Tecla E) - Desce do terceiro andar para o térreo

Keyboard (Tecla R) - Desce do quarto andar para o térreo

Sensor do tipo “*always*” (para iniciar o *script python*)

- **Controladores**

Selecionam-se 9 controladores:

8 controladores do tipo “*and*” que se ligam aos seus respectivos atuadores “IPO” e um controlador do tipo “*python*” que ativa o *script loop2*

- **Atuadores**

Selecionam-se 8 atuadores:

“IPO” que inicia a animação do *frame 255* até o *frame 270*

“IPO” que inicia a animação do *frame 255* até o *frame 275*

“IPO” que inicia a animação do *frame 255* até o *frame 280*

“IPO” que inicia a animação do *frame 255* até o *frame 285*

“IPO” que inicia a animação do *frame 270* até o *frame 265*

“IPO” que inicia a animação do *frame 275* até o *frame 265*

“IPO” que inicia a animação do *frame 280* até o *frame 265*

“IPO” que inicia a animação do *frame 285* até o *frame 265*

Script Python (loop2) associado ao objeto “elevador”

```
import Blender
import math
```

```
cont = GameLogic.getCurrentController()
scene = GameLogic.getCurrentScene()
objList = scene.objects
own = cont.owner
```


x = 0.000251

y = 1.0416 #co2 por Segundo

if own["FrameE"] == 1 and own['start'] == 1:

Blender.distc = 0

Blender.co2 = 0

if own["FrameE"] > 265 and own["FrameE"] < 270:

GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBnuvem", "OBpessoa.001")

own['dist'] = own['dist'] + (x)

own["co2"] = own['dist'] * y

own['start'] = 2

elif own["FrameE"] > 270 and own["FrameE"] < 275:

GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBnuvem", "OBpessoa.001")

own['dist'] = own['dist'] + (x)

own["co2"] = own['dist'] * y

elif own["FrameE"] > 275 and own["FrameE"] < 280:

GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBnuvem", "OBpessoa.001")

own['dist'] = own['dist'] + (x)

own["co2"] = own['dist'] * y

elif own["FrameE"] > 280 and own["FrameE"] < 285:

GameLogic.sendMessage("aumenta", "none", "OBnuvem", "OBpessoa.001")

own['dist'] = own['dist'] + (x)

own["co2"] = own['dist'] * y

Blender.diste = own['dist']

Blender.co2 = own['co2']

Propriedades do objeto "homem"

Add Property					
Del	Int	↕	Name:FrameS	0	D
Del	Float	↕	Name:dist	0.000	D
Del	Int	↕	Name:start	1	D
Del	Float	↕	Name:energia	0.000	D

O objeto “homem”, neste modelo, possui as seguintes propriedades:

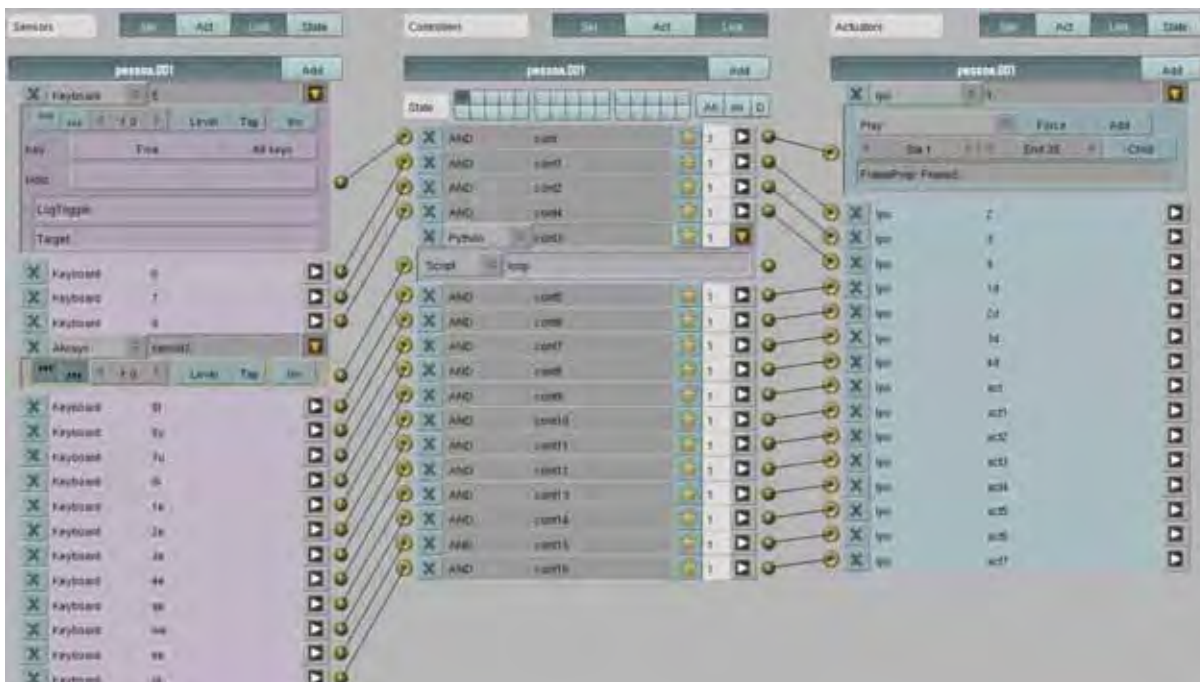
FrameS = para controle do *frame* da animação

Dist = para armazenar o tempo

Start = para armazenar se o *script* já foi executado ou não

energia = para armazenar a energia

Blocos lógicos do objeto “homem”



- ***Sensores***

Selecionam-se 17 sensores, sendo 16 keyboard e 1 “*always*”:
(elevador)

Keyboard (Tecla1) - Sobe (do térreo) para o primeiro andar

Keyboard (Tecla 2) - Sobe (do térreo) para o segundo andar

Keyboard (Tecla 3) - Sobe (do térreo) para o terceiro andar

Keyboard (Tecla 4) - Sobe (do térreo) para o quarto andar

Keyboard (Tecla Q) - Desce do primeiro andar para o térreo

Keyboard (Tecla W) - Desce do segundo andar para o térreo

Keyboard (Tecla E) - Desce do terceiro andar para o térreo

Keyboard (Tecla R) - Desce do quarto andar para o térreo

(escadas)

Keyboard (Tecla 5) - Sobe (do térreo) para o primeiro andar

Keyboard (Tecla 6) - Sobe (do térreo) para o segundo andar

Keyboard (Tecla 7) - Sobe (do térreo) para o terceiro andar

Keyboard (Tecla 8) - Sobe (do térreo) para o quarto andar

Keyboard (Tecla T) - Desce do primeiro andar para o térreo

Keyboard (Tecla Y) - Desce do segundo andar para o térreo

Keyboard (Tecla U) - Desce do terceiro andar para o térreo

Keyboard (Tecla I) - Desce do quarto andar para o térreo

Sensor do tipo “*Always*” (para iniciar o script *python*)

- **Controladores**

Selecionam-se 17 controladores, sendo 16 do tipo “*and*”, que ligam seus sensores aos seus respectivos atuadores “*IPO*”, e um controlador do tipo “*python*”, que ativa o *script loop*

- **Atuadores**

Selecionam-se 16 atuadores:

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 1 até o *frame* 35

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 1 até o *frame* 65

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 1 até o *frame* 95

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 1 até o *frame* 125

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 35 até o *frame* 1

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 65 até o *frame* 1

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 95 até o *frame* 1

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 125 até o *frame* 1

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 255 até o *frame* 270

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 255 até o *frame* 275

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 255 até o *frame* 280

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 255 até o *frame* 285

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 270 até o *frame* 255

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 275 até o *frame* 255

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 280 até o *frame* 255

“*IPO*” que inicia a animação do *frame* 285 até o *frame* 255

Script Python (loop) associado ao objeto “homem”

```

import Blender
import math

cont = GameLogic.getCurrentController()
scene = GameLogic.getCurrentScene()
objList = scene.objects
own = cont.owner
x = 0.00012
peso = 80

if own["FrameS"] == 1 and own['start'] == 1:
    Blender.distc = 0
    Blender.co2 = 0
    if own["FrameS"] > 1 and own["FrameS"] < 35:
        GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBpessoa.001")
        own['dist'] = own['dist'] + (x)
        own["energia"] = 0.00227 * own['dist'] * peso
        own['start'] = 2

elif own["FrameS"] > 35 and own["FrameS"] < 65:
    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBpessoa.001")
    own['dist'] = own['dist'] + (x)
    own["energia"] = 0.00227 * own['dist'] * peso

elif own["FrameS"] > 65 and own["FrameS"] < 95:
    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBpessoa.001")
    own['dist'] = own['dist'] + (x)
    own["energia"] = 0.00227 * own['dist'] * peso
elif own["FrameS"] > 95 and own["FrameS"] < 125:

    GameLogic.sendMessage("diminui", "none", "OBbarriga", "OBpessoa.001")
    own['dist'] = own['dist'] + (x)
    own["energia"] = 0.00227 * own['dist'] * peso

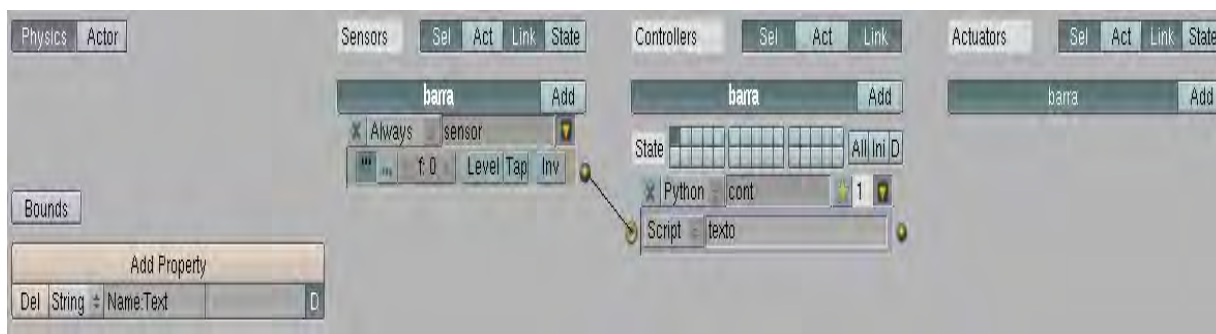
Blender.distp = own['dist']
Blender.energia = own['energia']

```

APÊNDICE D

Janelas de emissão de poluentes e de emagrecimento

Propriedades e blocos lógicos do objeto “janelas”



Blocos lógicos do objeto “janelas”

- *Sensores*

Sensor “always”

- *Controladores*

Script *python* “texto”

Script Python (texto) associado ao objeto “janelas”

```
import Blender
import math

s = GameLogic.getCurrentScene()
barra = s.getObjectList()["OBbarra"]
barra2 = s.getObjectList()["OBbarra2"]
barra3 = s.getObjectList()["OBbarra3"]
barra4 = s.getObjectList()["OBbarra4"]
atividade = s.getObjectList()["OBatividade"]
atividade2 = s.getObjectList()["OBatividade2"]
def barras(v):
    if v > 0 and v < 1:
        return ""
    elif v >= 1 and v < 2:
        return "I"
    elif v >= 2 and v < 3:
        return "II"
```

```

elif v >= 3 and v < 4:
    return "III"
elif v >= 4 and v < 5:
    return "IIII"
elif v >= 5 and v < 6:
    return "IIIII"
elif v >= 6 and v < 7:
    return "IIIIII"
elif v >= 7 and v < 8:
    return "IIIIIII"
elif v >= 8 and v < 9:
    return "IIIIIIII"
elif v >= 9 and v < 10:
    return "IIIIIIIIII"
elif v >= 10 and v < 11:
    return "IIIIIIIIIII"
elif v >= 11 and v < 12:
    return "IIIIIIIIIIII"
elif v >= 12 and v < 13:
    return "IIIIIIIIIIIII"
elif v >= 13 and v < 14:
    return "IIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 14 and v < 15:
    return "IIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 15 and v < 16:
    return "IIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 16 and v < 17:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 17 and v < 18:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 18 and v < 19:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 19 and v < 20:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 20 and v < 21:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 21 and v < 22:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 22 and v < 23:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 23 and v < 24:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v >= 24 and v < 25:
    return "IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII"
elif v > 25:
    return "25+"

```

```

if(Blender.ativ == 1):
    atividade['Text'] = "Andando / 5km/h"
elif(Blender.ativ == 2):
    atividade['Text'] = "Correndo / 10km/h"
elif(Blender.ativ == 3):
    atividade['Text'] = "Bicicleta / 20km/h"
else:
    atividade['Text'] = "Parado / 0km/h"

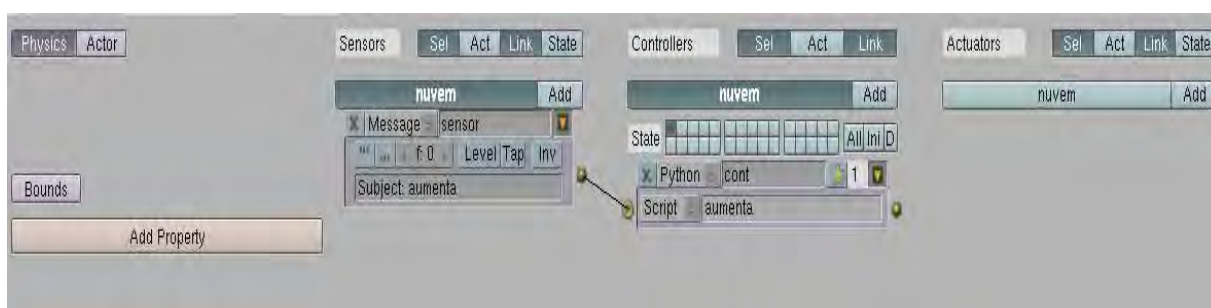
```

```

if(Blender.ativc == 4):
    atividade2['Text'] = "Andando / 20km/h"
elif(Blender.ativc == 5):
    atividade2['Text'] = "Correndo / 40km/h"
else:
    atividade2['Text'] = "Parado / 0km/h"
barra['Text'] = barras(Blender.distp)
barra4['Text'] = barras(Blender.emag/50)
barra2['Text'] = barras(Blender.co2)
barra3['Text'] = barras(Blender.distc)

```

Propriedades e blocos lógicos do objeto “nuvem”



- ***Sensores***

Possui sensor do tipo “*Message*”

- ***Controladores***

Script *python* “aumenta”

Script Python (aumenta) associado ao objeto “nuvem”

```

import Blender
import math
s = GameLogic.getCurrentScene()

# associa sensores, atuadores e objetos a variáveis locais
controller = GameLogic.getCurrentController()
bola = controller.owner
x = 0.0001
if bola.localScale[0] < 0.97:
    bola.localScale = [bola.localScale[0] + x , bola.localScale[1] + x, bola.localScale[2] + x]

```

Propriedades e blocos lógicos do objeto “circunferência abdominal”



- **Sensores**

Possui sensor do tipo “*Message*”

- **Controladores**

Script *python* “*diminui*”

Script Python (diminui) associado ao objeto “circunferência abdominal”

```
import Blender
import math
s = GameLogic.getCurrentScene()

# associa sensores, atuadores e objetos a variáveis locais
controller = GameLogic.getCurrentController()
bola = controller.owner
x = 0.00001
if bola.localScale[0] > 0.12:
    bola.localScale = [bola.localScale[0] - x , bola.localScale[1] - x, bola.localScale[2] - x]
#print bola.localScale[0]
```