



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**RECONHECIMENTO VISUAL DE TARJAS NUMÉRICAS
DE CORREDORES: UMA TRANSFORMADA
ESPACIAL DE CONTORNOS E CORES**

WELLINGTON MOREIRA DE JESUS

Brasília, Outubro de 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**RECONHECIMENTO VISUAL DE TARJAS NUMÉRICAS
DE CORREDORES: UMA TRANSFORMADA
ESPACIAL DE CONTORNOS E CORES**

WELLINGTON MOREIRA DE JESUS

*Dissertação submetida ao Departamento de Engenharia Mecânica
da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre Engenheiro em Sistemas Mecatrônicos.*

Banca Examinadora

Prof. Dr. Díbio Leandro Borges, CIC/UnB

Orientador

Prof. Dr. José Maurício S. T. da Motta, ENM/UnB

Examinador interno

Prof. Dr. Camilo Chang Dórea, CIC/UnB

Examinador externo

FICHA CATALOGRÁFICA

JESUS, WELLINGTON MOREIRA DE
RECONHECIMENTO VISUAL DE TARJAS NUMÉRICAS DE CORREDORES: UMA
TRANSFORMADA ESPACIAL DE CONTORNOS E CORES

[Distrito Federal] 2018.

xii, 88., 210 x 297 mm (ENM/FT/UnB, Mestre, Sistemas Mecatrônicos, 2018).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Corridas de Rua

2. Tarjas Numéricas

3. TLMC

4. Mapas de Raios

I. ENM/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

JESUS, W. M. (2018). RECONHECIMENTO VISUAL DE TARJAS NUMÉRICAS DE CORREDORES: UMA TRANSFORMADA ESPACIAL DE CONTORNOS E CORES, Dissertação de Mestrado em Sistemas Mecatrônicos, Publicação ENM.DM-150/18, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 88.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: WELLINGTON MOREIRA DE JESUS

TÍTULO: RECONHECIMENTO VISUAL DE TARJAS NUMÉRICAS DE CORREDORES: UMA TRANSFORMADA ESPACIAL DE CONTORNOS E CORES.

GRAU: Mestre ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse trabalho de conclusão de curso pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

WELLINGTON MOREIRA DE JESUS

Endereço: Qnj 01 casa 16

Bairro: Taguatinga Norte

CEP 72140-010 - Taguatinga - DF - Brasil

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha esposa e companheira de todas as horas, Dalva Lúcia, pelas palavras motivadoras nos momentos difíceis. Aos meus filhos, Wellington Augusto e Catherine Louise e meu neto, Davi Jesus, pela paciência nos longos momentos de ausência. Ao meu pai, Edson José(in memoriam) e minha mãe Elza Moreira, por me ensinarem o gosto pelo estudo.

WELLINGTON MOREIRA DE JESUS

Agradecimentos

Agradeço imensamente a Deus, por ter me concedido saúde, força e disposição para chegar até este momento. Ao meu Professor Orientador, Dívio Leandro Borges, que foi muito paciente, conselheiro e acessível. Sem ele, não seria possível desenvolver esse trabalho. Aos Professores e Professoras, Alba Cristina, Camilo Chang, Celia Ghedini, Flavio Vidal, Flavio Moura, José Maurício, Li Weigang, Marcelo Ladeira, Mauricio Ayala, Mylene Christine e Ricardo Pezzuol, por me doarem sua sabedoria, tempo e experiência ao longo do curso. Aos vários colegas de turma que me ajudaram ao longo desta caminhada, em especial o colega, Danilo Silveira, que como outros, gentilmente compartilhou seu conhecimento nas aulas de Teoria da Computação. À UNB, desde o pessoal do administrativo até o coordenador do curso, que de alguma forma contribuíram para a realização desse curso. Ao meu amigo e colega, Professor Vinicius Pinto Corrêa, que foi o primeiro a incentivar e acreditar que eu poderia chegar até aqui. Aos meus chefes e colegas do trabalho, que em muitas ocasiões absorveram a carga para que eu pudesse frequentar aulas durante o expediente. Por fim, aos meus irmãos, irmãs, sobrinhos, sobrinhas, cunhados e cunhadas que compreenderam minhas ausências nos momentos familiares.

WELLINGTON MOREIRA DE JESUS

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta para detectar os caracteres numéricos, contidos nas tarjas que identificam os atletas corredores de rua, por meio da remodelagem do algoritmo para extração de texto em imagens naturais conhecido como TLC (Transformada de Largura de Curso).

A remodelagem proposta, chamada de TLCM (Transformada de Largura de Curso Melhorada), acrescenta novas heurísticas baseadas na verificação da cor em torno dos *pixels* candidatos a fazerem parte dos caracteres numéricos e também nas características geométricas destes caracteres.

Os resultados obtidos ampliaram o índice de detecção dos números em comparação com o algoritmo original e permitiu a criação de um Banco de Dados de imagens de corridas de rua, inédito, e que pode ser usado por qualquer trabalho semelhante.

Corridas de Rua, Tarjas Numéricas, TLCM, Mapas de Raios:

ABSTRACT

This work presents a proposal to detect the numeric characters contained in the tags that identify the athletes street runners, through the remodeling of the algorithm for extracting text in natural images known as Stroke Width Transform.

The proposed remodeling, called ISWT (Improvement Stroke Width Transform), adds new heuristics based on the color check around the candidate pixels to be part of the numerical characters as well as the geometric characteristics of these characters.

The results obtained increased the detection rate of the numbers in comparison with the original algorithm and allowed the creation of a database of street racing images, unprecedented, and that can be used for any similar work.

Street Races, Race Bib Numbers, ISWT, Ray Maps:

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.3.1	DETECÇÃO DE TEXTOS EM IMAGENS	3
1.3.2	ALGORITMO PARA EXTRAÇÃO DE TEXTO EM IMAGENS TLC (TRANSFORMADA DE LARGURA DE CURSO)	3
1.3.3	DETECÇÃO DE TARJAS NUMÉRICAS DE ATLETAS CORREDORES DE RUA	7
1.4	DESCRIÇÃO DO MANUSCRITO	7
2	Proposta de solução para extração dos números das tarjas numéricas	8
2.1	PROBLEMAS OBSERVADOS COM A UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO DE [EPSHTEIN, OFEK E WEXLER 2010] PARA EXTRAÇÃO DOS NÚMEROS DE IDENTIFICAÇÃO DAS TARJAS NUMÉRICAS	8
2.1.1	CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS	8
2.1.2	CARACTERÍSTICAS DINÂMICAS	9
2.1.3	ANÁLISE DO ESTÁGIO TLC DO ALGORITMO DE [EPSHTEIN, OFEK E WEXLER 2010]	11
2.2	TLCM, PROPOSTA PARA REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE INFORMAÇÃO FORNECIDA PELO ESTÁGIO TLC	13
2.2.1	DETALHAMENTO DA HEURÍSTICA PARA VERIFICAÇÃO DA MÉDIA DA COR EM TORNO DOS <i>pixels</i> p E q	14
2.2.2	DETALHAMENTO DA HEURÍSTICA PARA VERIFICAÇÃO DO COMPRIMENTO DO RAIOS	17
2.2.3	DETALHAMENTO DA HEURÍSTICA PARA REDUÇÃO DA ÁREA DE BUSCA NA IMAGEM	18
2.3	TLCM II, PROPOSTA DE REMODELAGEM DOS ESTÁGIOS, CONEXÃO DE COMPONENTES(CC), FILTRAGEM DE COMPONENTES(FC) E MONTAGEM DE CARACTERES(MC) DO ALGORITMO TLC [EPSHTEIN, OFEK E WEXLER 2010]	18
2.3.1	PROBLEMAS ENCONTRADOS NOS ESTÁGIOS CC, FC E MC	18
2.3.2	ANÁLISE DOS NÚMEROS QUE COMPÕEM AS TARJAS NUMÉRICAS	19
2.3.3	PROPOSTA DE REMODELAGEM DAS HEURÍSTICAS NOS ESTÁGIOS CC, FC E MC	19
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21

3	Experimentos e Resultados	23
3.1	DESENVOLVIMENTO DE UMA BASE DE DADOS ROTULADA/VALIDADA	23
3.1.1	MONTAGEM DA BASE DE IMAGENS	24
3.1.2	GERAÇÃO DE UMA BASE DE RESULTADOS UTILIZANDO O ALGORITMO [EPSH- TEIN, OFEK E WEXLER 2010] SEM MODIFICAÇÕES	25
3.2	EXPERIMENTOS	27
3.2.1	EXPERIMENTO I	27
3.2.2	EXPERIMENTO II	29
3.3	AMPLIAÇÃO DA NOVA BASE DE DADOS	30
3.3.1	EXPERIMENTO III	31
3.3.2	EXPERIMENTO IV	32
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
4	Conclusões	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
	Anexos	38
I	Anexo 01 - Imagens Utilizadas	39
II	Anexo 02 - Planilha contendo a rotulação das tarjas das imagens do conjunto1	57
III	Anexo 03 - Planilha contendo a rotulação das tarjas das imagens do conjunto2	61
IV	Anexo 04 - Planilha contendo a rotulação das tarjas das imagens do conjunto3	65
V	Anexo 05 - Planilha contendo a rotulação das tarjas das imagens do conjunto4	70

LISTA DE FIGURAS

1.1	Imagens de corridas de rua obtidas em [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012], destacando em amarelo as tarjas numéricas dos atletas.	1
1.2	Adaptação de [Jung, Kim e Jain 2004] mostrando o fluxo para extração de informações de textos e números contidos em imagens. Detecção de textos refere-se a presença de texto na imagem; Localização de textos refere-se a achar em que posição o texto está na imagem, utiliza-se desenhar um retângulo em volta do texto localizado; Extração e melhoria do texto refere-se a selecionar os componentes de texto e reduzir possíveis ruídos(componentes não texto) antes de serem submetidos ao reconhecimento óptico.	4
1.3	Adaptação de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] mostrando em detalhe o processo de ligação do raio. Em (a), trecho de um caractere qualquer. Em (b), já com as bordas extraídas, para um dado <i>pixel</i> p é apontada uma direção em função do cálculo da magnitude do gradiente, o algoritmo então, percorre os <i>pixels</i> na direção apontada até encontrar um <i>pixel</i> q na borda oposta. A conexão dos <i>pixels</i> p e q por um raio, ocorre se a direção calculada para o <i>pixel</i> q estiver na mesma direção mas em sentido oposto do <i>pixel</i> p . Em (c) os <i>pixels</i> percorridos desde p até q são atribuídos com o valor da distância w formando um raio onde cada <i>pixel</i> tem intensidade 5.	5
1.4	Ilustra todas as etapas percorridas pela técnica TLC de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] para detectar textos contidos em imagens.	6
2.1	No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que nenhum número da tarja foi detectado, mas houve a detecção de outros componentes fora da região dos números.	9
2.2	No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que o último número(9) foi perdido e houve a detecção de outros componentes fora da região dos números.	10
2.3	No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que apenas partes dos números foram detectados.	10

2.4	No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que todos os números foram detectados mas também houve a detecção de outros componentes fora da região dos números.....	10
2.5	Apresenta em (a) uma imagem de corredor de rua disponível em [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o mapa de raios obtido após execução do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010].....	11
2.6	Exemplifica algumas ligações dos raios: em vermelho, raios que não ligam nenhum objeto; em verde, raios ligando objetos diferentes; em azul, raios com tamanho muito maior que os dos números na tarja.	12
2.7	Fluxo proposto para o novo estágio extrator do mapa de raios (TLCM), destacando em laranja as novas heurísticas a serem testadas antes da ligação dos raios.	13
2.8	Detalhe da checagem de cor utilizando uma janela 5x5 para verificação da média da cor em torno dos <i>pixels</i> p e q na TLCM de [Jesus e Borges 2018].	14
2.9	A Figura mostra o canal <i>HUE</i> extraído da imagem no espaço HSV.	15
2.10	Para determinar a direção onde esta o caractere/objeto , é realizada a soma simples das intensidades dos <i>pixels</i> em laranja a partir do <i>pixel</i> P . O lado que apresentar o menor valor (dado que os <i>pixels</i> que compõe o objeto na imagem em tons de cinza, tem intensidade menor que os <i>pixels</i> que compõe o fundo da tarja) este será o lado onde está o caractere/objeto.....	15
2.11	Exemplo de matriz com as médias de cor em torno de cada <i>pixel</i> da imagem inicial, calculadas a partir do canal <i>HUE</i>	16
2.12	Exemplo de conexão levando em consideração a média da cor em torno dos <i>pixels</i> p e q e também se o comprimento do raio é menor que 40 <i>pixels</i>	17
2.13	Apresentação do novo fluxo geral, TLCM II, cujas heurísticas incluídas, foram ajustadas especificamente para aumentar a extração dos números de identificação dos corredores.	22
3.1	Apresenta em (a) uma imagem de corredor de rua disponível em [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o mapa de raios obtido após execução do algoritmo TLCM [Jesus e Borges 2018]	28
3.2	O exemplo mostra a redução da quantidade de informação do mapa de raios de acordo com a técnica aplicada. (a) representa o mapa de raios da TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], (b) representa o mapa de raios da TLCM [Jesus e Borges 2018], (c) representa o mapa de raios com a implementação da TLCM II e (d) apresenta uma tarja extraída com a implementação da TLCM II.	32
I.1	Conjunto1 - imagens 01 a 25	39
I.2	Conjunto1 - imagens 26 a 50	40
I.3	Conjunto1 - imagens 51 a 75	41
I.4	Conjunto1 - imagens 76 a 92	42
I.5	Conjunto2 - imagens 01 a 30	43
I.6	Conjunto2 - imagens 31 a 61	44

I.7	Conjunto2 - imagens 62 a 67	45
I.8	Conjunto3 - imagens 01 a 12	46
I.9	Conjunto3 - imagens 13 a 28	47
I.10	Conjunto3 - imagens 29 a 44	48
I.11	Conjunto3 - imagens 45 a 58	49
I.12	Conjunto4 - imagens 1 a 20.....	50
I.13	Conjunto4 - imagens 21 a 44	51
I.14	Conjunto4 - imagens 41 a 60	52
I.15	Conjunto4 - imagens 61 a 80	53
I.16	Conjunto4 - imagens 81 a 100.....	54
I.17	Conjunto4 - imagens 101 a 120	55
I.18	Conjunto4 - imagens 121 a 125	56

LISTA DE TABELAS

3.1	Descrição dos conjuntos de imagens para criação da Base de Dados <i>ground truth</i>	24
3.2	Detalhamento da quantidade de aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas.....	25
3.3	Comparação entre a quantidade de tarjas submetidas para detecção nesta pesquisa e por [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012]	26
3.4	Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas após o estágio TLC e após o estágio final do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas	26
3.5	Mostra a redução do tamanho(em MegaBytes) dos mapas de raios, após a implementação do experimento I	27
3.6	Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas após a implementação do experimento I.....	27
3.7	Apresenta a quantidade de tarjas detectadas e as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas, alterando o tipo de cálculo de: média para mediana e também o tamanho da janela de: 5x5 para 7x7	28
3.8	Mostra a redução do tamanho(em MegaBytes) dos mapas de raios, após a implementação do experimento II	29
3.9	Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas após a implementação do experimento II.....	30
3.10	Descrição do novo conjunto de imagens para ampliação da Base de Dados <i>ground truth</i>	31
3.11	Detalhamento da quantidade de aparições dos números que compõem as tarjas do conjunto4	31
3.12	Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas após os estágios TLC e final e também as aparições dos números que compõem as tarjas do conjunto4	31
3.13	Detalhamento da quantidade final de tarjas detectadas e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas	32
3.14	Mostra a quantidade de tarjas detectadas pelo algoritmo OCR <i>Tesseract</i>	33

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização e Problema

No mundo esportivo existem diversos tipos de corridas de rua, por exemplo as maratonas, onde cada competidor é identificado por uma tarja com dígitos numéricos também conhecida como RBN (*Race Bib Number*). A Figura 1.1 mostra exemplos de algumas corridas de rua onde os atletas estão identificados por tarjas numéricas.



Figura 1.1: Imagens de corridas de rua obtidas em [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012], destacando em amarelo as tarjas numéricas dos atletas.

Estes eventos resultam em muitas imagens registradas por fotógrafos profissionais, cuja intenção em muitos casos é vender as imagens aos corredores. Muitas destas competições tem centenas ou milhares de corredores e o fotógrafo tem que olhar uma a uma a tarja numérica do competidor na imagem e procurar na lista de inscrições o nome e contato do respectivo competidor. Essa identificação manual de cada competidor se torna uma tarefa árdua e onerosa em termos de

tempo. Seria útil a estes profissionais identificar automaticamente a região das tarjas numéricas nas imagens, e conseqüentemente poder identificar os corredores. Porém, esta automatização da identificação das tarjas nas imagens, encontra alguns obstáculos, para os quais, as soluções atuais ainda são incipientes.

A aplicação de técnicas conhecidas para extração de textos e números, diretamente sobre essas imagens, não são suficientes para extrair satisfatoriamente os números das tarjas. As imagens de corrida de rua, se comparadas com placas de automóveis que tem tamanho, tipo e cor da fonte muito bem definidas, apresenta um cenário para detecção de texto e números mais complexo. A imagem é composta não só dos números das tarjas mas também de muitas áreas de folhagens, textura dos pisos, grandes áreas de nuvens, objetos diversos, variações de iluminação solar em partes das tarja, partes da tarja sombreada ou ocluída pelos membros do corredor, distorções no formato dos números da tarja em função do movimento do corpo do corredor, variadas combinações de cores entre o fundo da tarja e os números, e também nem sempre com um bom contraste. Como consequência, grande parte dos números não são detectados, ou são detectados parcialmente, ou ainda, quando são detectados integralmente, vem acompanhados de outras porções da imagem. Conforme abordado na revisão bibliográfica, muitas das técnicas utilizadas para localizar regiões de texto nas imagens permitem disponibilizar mais informação do que o necessário para extração de textos e números. Poder-se-ia revisar alguma destas técnicas no sentido de melhorar as heurísticas utilizadas para localização e detecção de texto/números.

1.2 Objetivos

Detectar tarjas numéricas em condições típicas de corridas de rua:

- Tarjas numéricas com cores e fontes variadas;
- Aumento da Base de Dados para teste e validação;
- Propor um método com maior eficiência no tempo de processamento;
- Comparar resultados com a técnica base de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010].

1.3 Revisão Bibliográfica

Há muitas aplicações que justificam as pesquisas para dotar dispositivos com a capacidade de leitura e interpretação de textos contidos em imagens, por exemplo, isto pode ajudar pessoas com deficiência visual a se locomoverem por lugares tais como ruas movimentadas, shoppings e aeroportos com a leitura automática das placas indicativas e de sinalização. Vê-se então que não se trata apenas de contribuir para resolver o problema dos fotógrafos de corrida de rua, mas de avançar o conhecimento sobre a extração de texto de imagens para contribuir para o aprendizado de máquina por meio das informações detectadas nas imagens.

1.3.1 Detecção de Textos em Imagens

Detecção de textos em imagens vem sendo pesquisado há bastante tempo, resultando em vários métodos propostos. Muitos desses métodos consistem em quatro passos básicos:

1) Reduzir a área de busca das regiões de texto, isto significa extrair as bordas da imagem por exemplo; 2) Detecção de candidatos a texto, que significa localizar regiões com possibilidade de conter textos; 3) União de *pixels* com características semelhantes em componentes/caracteres; 4) Eliminação de componentes não texto.

Em 2004, [Jung, Kim e Jain 2004] realizou um extenso trabalho de mapeamento de técnicas para detecção e extração de texto em imagens e vídeos. A Figura 1.2 ilustra o fluxo para TIE (*Text Information Extraction*).

Em geral as técnicas para TIE estão divididas em três grupos a saber: Métodos baseados em Textura, Métodos baseados em Regiões e Métodos Híbridos.

Métodos baseados em textura partem da observação que textos em imagens tem propriedades distintas tais como alta densidade das bordas, baixa variação de gradiente acima e baixo do texto, alto contraste entre letras e fundo, etc. Técnicas baseadas em textura varrem a imagem várias vezes analisando e classificando cada *pixel* em função de seus vizinhos de acordo com as características elencadas gerando um elevado custo computacional. Ainda segundo Jung et al. [Jung, Kim e Jain 2004] métodos baseados em regiões são uma combinação de extração de bordas e conexão de *pixels* e parte do princípio que os *pixels* vizinhos exibem certas características como por exemplo semelhança de cor, então vão ocorrendo agrupamentos entre esses *pixels* vizinhos em componentes, depois estes componentes são agrupados em regiões e em seguida as regiões são agrupadas em textos.

Contudo, esses métodos tem uma grande dificuldade para separar as regiões de texto das regiões de não texto em função das heurísticas utilizadas para agrupar os *pixels*, e assim muitos objetos da imagem que são similares a texto, em termos de tamanho e textura acabam sendo identificados como texto, quando não o são, isto gera um alta taxa de componentes não texto.

1.3.2 Algoritmo para extração de texto em imagens TLC(Transformada de Largura de Curso)

Em 2010, seguindo a linha de métodos baseados em regiões, Epshtein et al. [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] propôs a técnica TLC (transformada de largura de curso). Epshtein et al. partiu do princípio que os textos nas imagens aparecem como cursos de largura fixa. O TLC é um operador local que calcula a partir de um *pixel* que esta na borda da imagem filtrada com o operador de Canny [Canny 1986], a largura do curso no qual o referido *pixel* esta contido. Para cada *pixel* do mapa de bordas é calculado uma direção para percorrer. A proposta é que em algum momento será encontrado um *pixel* na borda oposta com um gradiente semelhante em sentido oposto, ver Figura 1.3

Então é atribuído para esses *pixels* o valor da distância entre eles e também para todos os

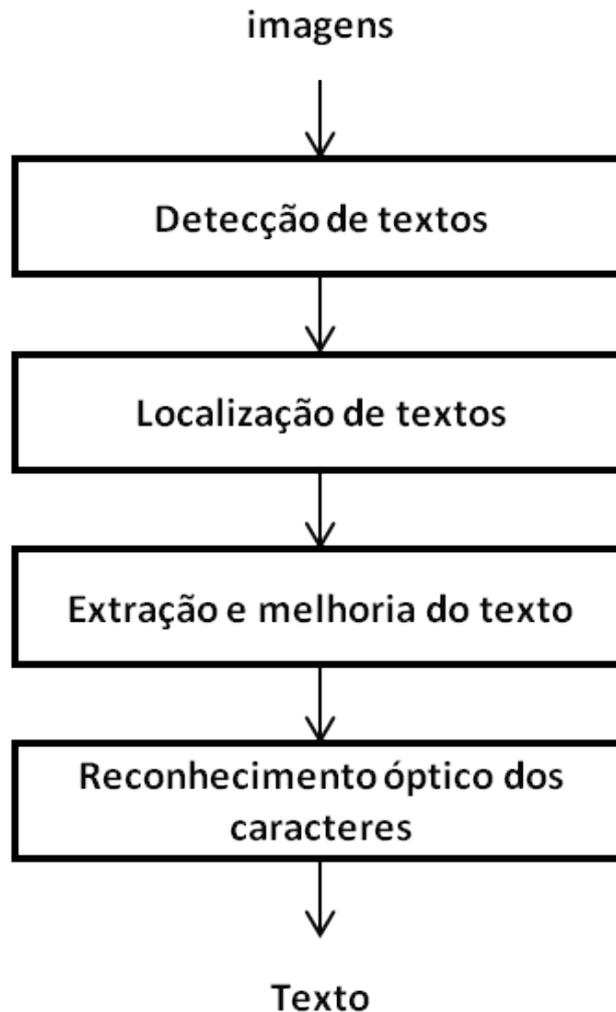


Figura 1.2: Adaptação de [Jung, Kim e Jain 2004] mostrando o fluxo para extração de informações de textos e números contidos em imagens. Detecção de textos refere-se a presença de texto na imagem; Localização de textos refere-se a achar em que posição o texto está na imagem, utiliza-se desenhar um retângulo em volta do texto localizado; Extração e melhoria do texto refere-se a selecionar os componentes de texto e reduzir possíveis ruídos (componentes não texto) antes de serem submetidos ao reconhecimento óptico.

pixels que estão entre eles. O estágio de detecção dos cursos gera uma imagem chamada mapa de raios. Os *pixels* deste mapa, cuja largura de curso são semelhantes, são então agrupados em componentes/letras candidatas. Os componentes/letras candidatas são agrupados em pares, depois são agrupados em regiões de texto de acordo com suas características de cor, largura do curso e distância umas das outras. A grande vantagem desta técnica é realizar apenas uma única varredura pela imagem, diferente das técnicas baseadas em textura onde é necessário convoluir janelas pela imagem várias vezes. O resultado é que o sistema proposto é capaz de detectar texto independente de tamanho, direção, fonte ou idioma. Esta técnica apresentou-se robusta para detecção de texto em imagens naturais e com baixo custo computacional, mas falha na detecção de textos que não estão na horizontal como exemplo textos escritos em arco. Outra dificuldade,

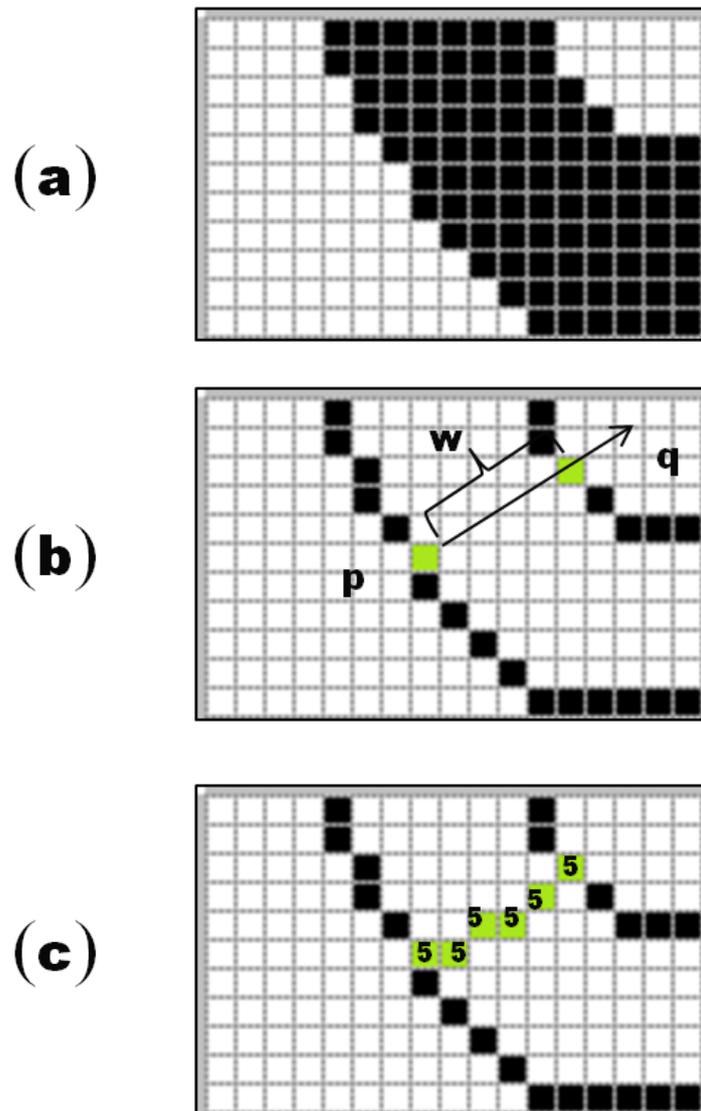


Figura 1.3: Adaptação de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] mostrando em detalhe o processo de ligação do raio. Em (a), trecho de um caractere qualquer. Em (b), já com as bordas extraídas, para um dado *pixel* p é apontada uma direção em função do cálculo da magnitude do gradiente, o algoritmo então, percorre os *pixels* na direção apontada até encontrar um *pixel* q na borda oposta. A conexão dos *pixels* p e q por um raio, ocorre se a direção calculada para o *pixel* q estiver na mesma direção mas em sentido oposto do *pixel* p . Em (c) os *pixels* percorridos desde p até q são atribuídos com o valor da distância w formando um raio onde cada *pixel* tem intensidade 5.

é a necessidade de realizar muitos ajustes em função das heurísticas necessárias para cortar as partes que não são textos. O problema é que em muitas vezes os filtros além de trabalhosos acabam cortando também regiões de textos detectados pelo estágio de cursos. Para [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], um texto/palavra é dado como acerto se o retângulo produzido em volta deste mesmo texto corresponder ao da base *ground truth* disponibilizada em ICDAR2003 e ICDAR2005. Quanto mais os retângulos produzidos pelo algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], em uma escala percentual de 0 a 100 corresponderem, melhor será o resultado.

A Figura 1.4 mostra o fluxo completo do algoritmo de detecção de textos utilizando a técnica transformada de largura de curso [Epshtein, Ofek e Wexler 2010].

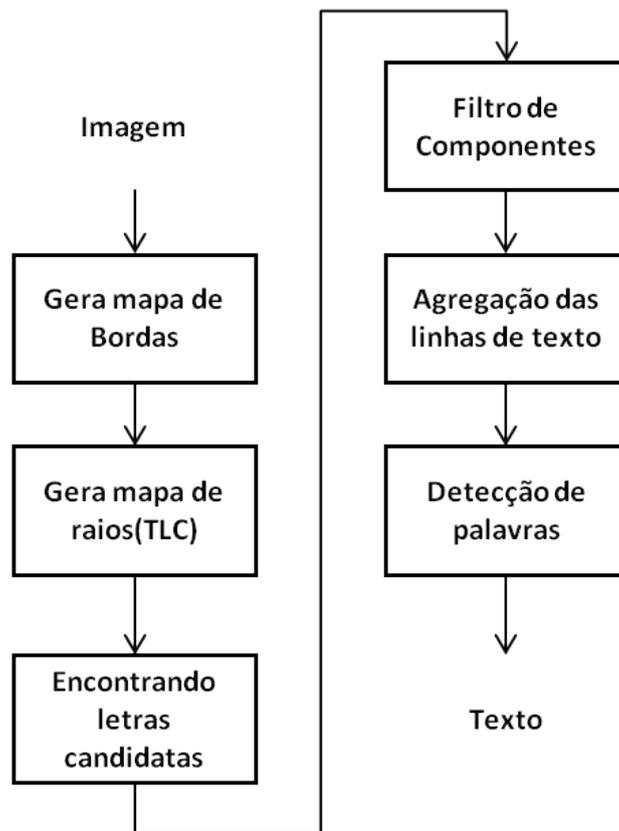


Figura 1.4: Ilustra todas as etapas percorridas pela técnica TLC de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] para detectar textos contidos em imagens.

A partir de Epshtein et al. [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], vários outros trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos utilizando a transformada de largura de curso, Mosleh et al. [Mosleh, Bouguila e Hamza 2012] trocou o detector de bordas de Canny [Canny 1986] por um detector baseado em *Bandlet*. A proposta é que um mapa de bordas mais refinado ajuda o estágio gerador de mapas de raios. Os testes sobre o mesmo conjunto de imagens [Lucas 2005] superaram os alcançados por [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] com um f *measure* de 0.71 contra 0.66. Mas não fica claro porém, a efetividade em relação a textos que não estejam na horizontal e que no caso das tarjas numéricas é fundamental pois as tarjas mudam de posição a todo momento em função do movimento do corredor. Yao et al. [Yao et al. 2012] por sua vez propôs um algoritmo baseado na transformada de largura de curso de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] que é capaz de detectar texto de qualquer linguagem e em qualquer direção, utilizando no estágio de filtragem de componentes um conjunto ampliado de características combinado com um classificador baseado no algoritmo de *Randon Forest* [Breiman 1999]. Paul et al [Paul et al. 2015] desenvolveram uma *Stroke Filter* adaptativa baseada em [Jung, Liu e Kim 2009], a proposta é que há muitas perdas de componentes candidatos quando se usa um detector cuja a largura do curso é fixa como é o caso do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010].

1.3.3 Detecção de tarjas numéricas de atletas corredores de rua

Em se tratando especificamente de detecção dos números das tarjas numéricas, em 2012 Ben-Ami et al. [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] propuseram um algoritmo baseado na transformada de largura de curso de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], que primeiro procura reduzir a área de busca na imagem localizando as possíveis regiões das tarjas numéricas. Essa detecção ocorre primeiro localizando a face do corredor, a partir da face é então calculado uma área retangular que abrange todo o tronco do corredor onde possivelmente se encontra a tarja. A partir dai a imagem reduzida é submetida ao algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. O algoritmo transformada de largura de curso foi ajustado também para buscar cursos cuja largura seja proporcional ao tamanho da face do corredor, isto facilita a detecção de tarjas numéricas de diferentes tamanhos. Após a detecção, os números das tarjas são segmentados e cada número processado separadamente pela média RGB (*Red, Green, Blue*) dos *pixels* que formam o componente. Neste algoritmo também foi incluído um algoritmo para reconhecimento óptico conhecido como *Tesseract* [Smith 2007], assim este sistema pode ser classificado como *end-to-end*. Para [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012], a avaliação dos resultados é dada pela quantidade de tarjas numéricas detectadas pelo *Tesseract*. Porém esta técnica apresenta fragilidades. Nem sempre o cálculo proporcional a face do corredor abrange toda a área do tronco, além disso, verifica-se nas imagens testadas, que se o corredor estiver de lado ou, estiver usando óculos escuros e/ou boné, a face do corredor poderá não ser identificada e portanto não será possível encontrar a região da tarja.

1.4 Descrição do Manuscrito

O presente trabalho está organizado como segue. O Capítulo 1 contextualiza a relevância da pesquisa e apresenta uma revisão dos trabalhos relacionados a detecção de textos. O Capítulo 2 apresenta uma proposta para reduzir a quantidade de informação na imagem de entrada do estágio TLC, permitindo a introdução de novas heurísticas de filtragem nos demais estágios visando aumentar a taxa de detecção das tarjas numéricas. O Capítulo 3 apresenta os resultados e análises dos experimentos realizados. Por fim, o Capítulo 4 apresenta as conclusões resultantes do trabalho realizado.

Capítulo 2

Proposta de solução para extração dos números das tarjas numéricas

Neste capítulo descrevem-se os principais problemas detectados quando se usa a técnica para extração de textos de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], aplicada nas imagens de corridas de rua com a intenção de extrair os números das tarjas numéricas. Depois faz-se uma abordagem sobre a quantidade de informação que é produzida pelo estágio gerador dos mapas de raios da referida técnica e como esse excesso de informação prejudica outras partes do algoritmo e também o resultado final. A seguir descreve-se uma proposta para reduzir a informação produzida pelo estágio gerador dos mapas de raios por meio da inclusão de novas heurísticas. Por fim descreve-se também a inclusão de novas heurísticas nos demais estágios do algoritmo visando aumentar a quantidade de números extraídos das tarjas numéricas.

2.1 Problemas observados com a utilização do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] para extração dos números de identificação das tarjas numéricas

As tarjas numéricas, em um cenário de corrida de rua, apresentam características estáticas relacionadas a sua confecção, e dinâmicas relacionadas ao movimento do atleta durante a corrida. Estas características estão descritas a seguir:

2.1.1 Características Estáticas

- Números das tarjas com cores variadas;
- Fundo das tarjas com cores variadas;
- Contraste entre a cor dos números e o fundo da tarja;
- Tamanho dos números;

- Distância entre os números.

2.1.2 Características Dinâmicas

As tarjas, no momento do registro da imagem, podem apresentar:

- Inclinação da tarja em função do movimento do corpo do corredor;
- Torção das tarjas em função do movimento do corpo do corredor;
- Alteração na iluminação da tarja em função de áreas de sombras no trajeto da corrida;
- Formação de sombra em partes da tarja pelos braços do corredor;
- Oclusão parcial ou total do número, pelos braços do corredor.

Ao executar o algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] diretamente sobre imagens de corridas de rua com a intenção de extrair os números das tarjas numéricas, os resultados são bem abaixo dos índices divulgados no artigo base desta pesquisa, mesmo tendo sido desenvolvida especificamente para detecção de textos e números em cenas naturais.

O que se observa no algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] é que este é bastante sensível a qualquer alteração em qualquer parte do sistema, um simples ajuste por exemplo no *Threshold* do estágio gerador do mapa de bordas torna o resultado de cada imagem imprevisível, assim percebe-se que apenas ajustes pontuais em algumas partes do algoritmo não são suficientes para aumentar de forma uniforme, a quantidade de números detectados.

Este estudo mostra algumas dificuldades para detecção das tarjas numéricas, as quais estão ilustradas nas Figuras 2.1 a 2.4 a seguir:



Figura 2.1: No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que nenhum número da tarja foi detectado, mas houve a detecção de outros componentes fora da região dos números.



Figura 2.2: No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que o último número(9) foi perdido e houve a detecção de outros componentes fora da região dos números.

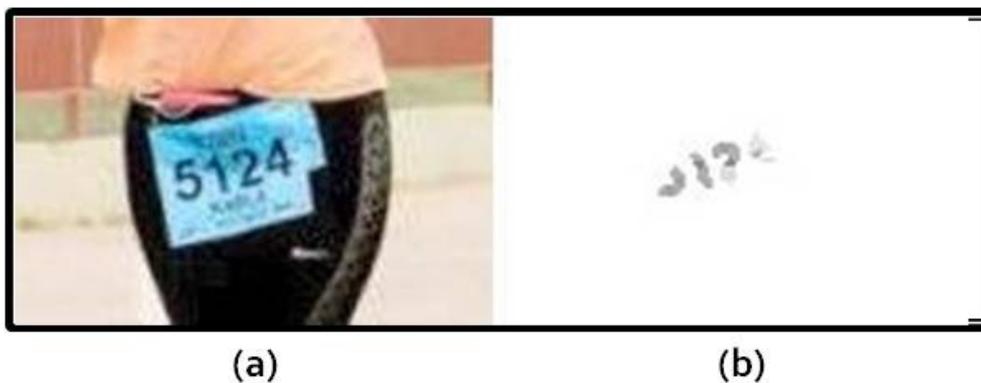


Figura 2.3: No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que apenas partes dos números foram detectados.

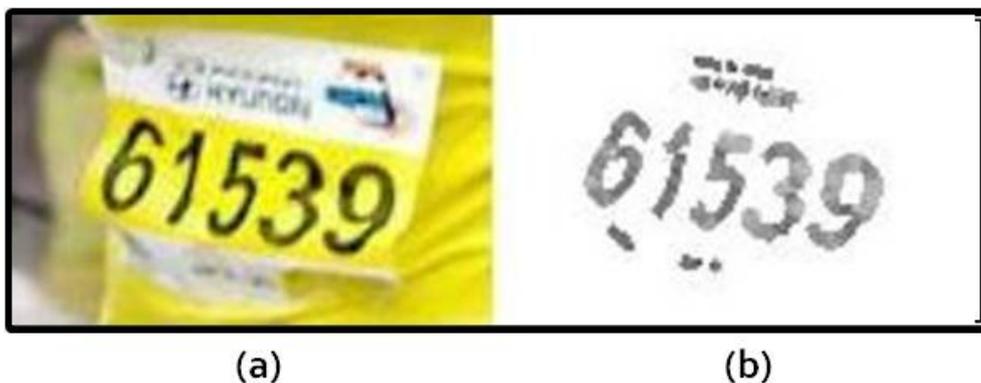


Figura 2.4: No exemplo, (a) mostra uma imagem obtida de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o resultado após execução do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Verifica-se em (b) que todos os números foram detectados mas também houve a detecção de outros componentes fora da região dos números.

2.1.3 Análise do estágio TLC do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]

Conforme abordado na Seção 1.2.2 a ideia central da técnica TLC é converter a imagem de entrada em um mapa de raios. Cada raio representa uma ligação bem sucedida entre um *pixel* p sobre uma borda e um *pixel* q em uma borda oposta de um determinado objeto que faz parte da imagem e o conjunto destes raios forma o mapa de raios. A Figura 2.5 mostra um exemplo de mapa raios resultante do processamento de uma imagem de corrida de rua. Com o referido mapa de raios obtido, parte-se para tentar encontrar o objeto/caractere que se deseja. Utilizando-se de um conjunto de heurísticas parametrizadas, tenta-se reduzir ao máximo a quantidade de objetos na imagem de forma que reste apenas os caracteres numéricos.

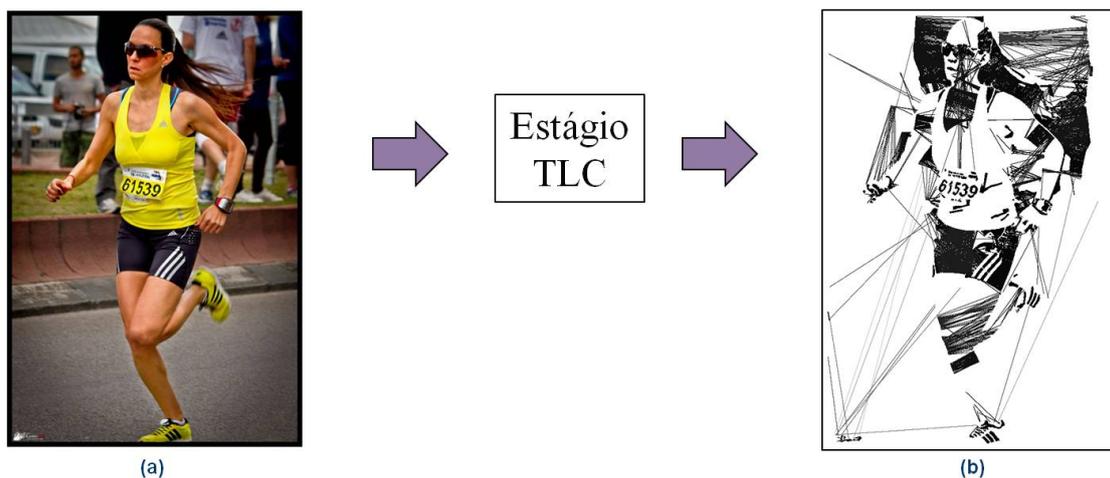


Figura 2.5: Apresenta em (a) uma imagem de corredor de rua disponível em [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o mapa de raios obtido após execução do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]

A análise dos mapas de raios gerados pelo estágio, gera mapa de raios, do algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], revelam características importantes sobre alguns raios formados e que não fazem parte da região das tarjas:

- Várias ocorrências de raios ligando um *pixel* p de um objeto a um *pixel* q que está em outro objeto;
- Várias ocorrências de raios isolados que não ligam objetos;
- Várias ocorrências de raios cujo tamanho é muito superior ao tamanho dos raios que formam os números das tarjas;
- Várias ocorrências de tarjas numéricas localizadas no centro da imagem.
- A região da tarja ocupa apenas uma pequena porção das imagens.

Pode-se observar alguns exemplos das características citadas acima na Figura 2.6:

Analisando as características mostradas na Figura 2.6, percebe-se que muitos desses raios poderiam ser eliminados, ou na verdade não serem conectados. Por exemplo, raios ligando bordas

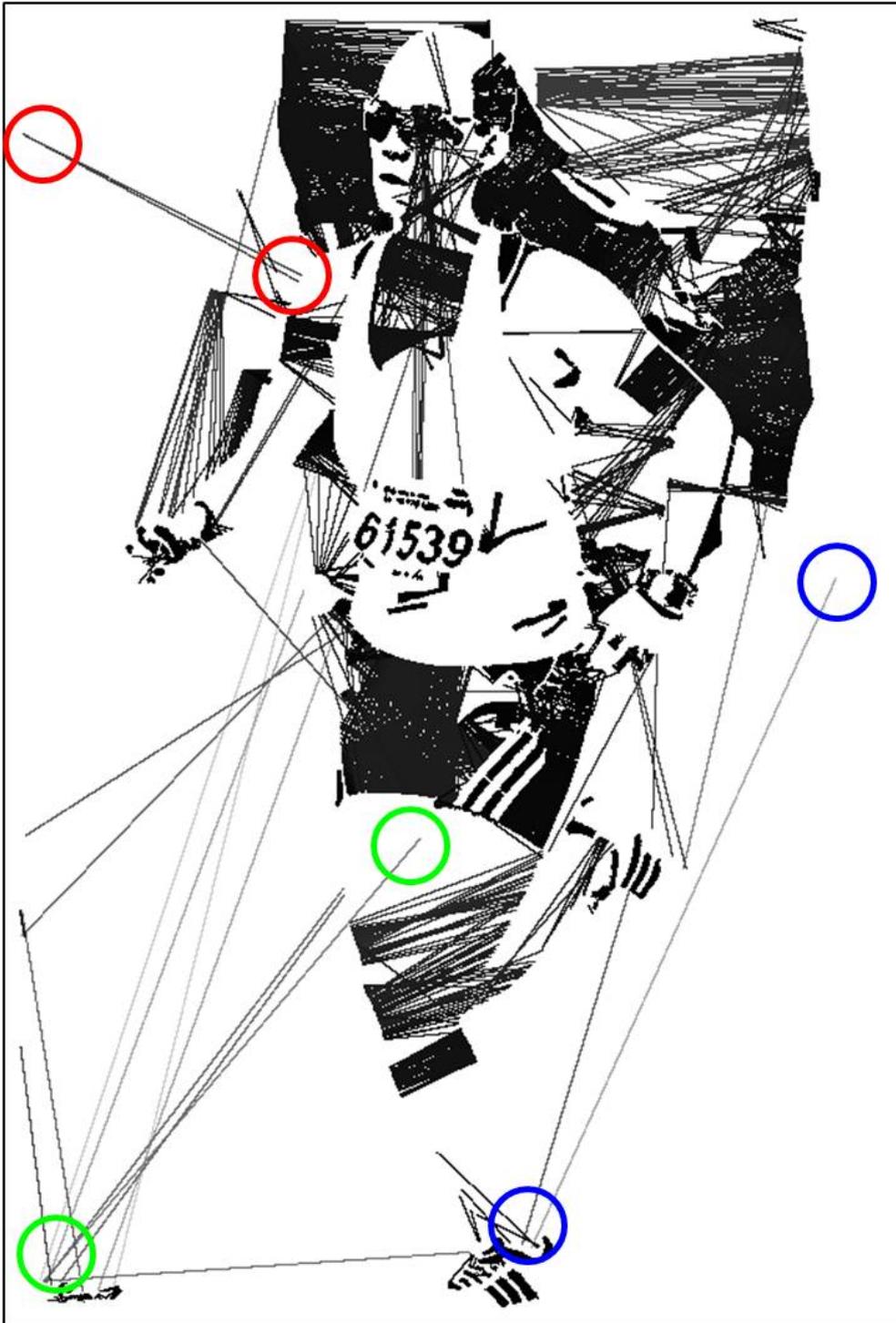


Figura 2.6: Exemplifica algumas ligações dos raios: em vermelho, raios que não ligam nenhum objeto; em verde, raios ligando objetos diferentes; em azul, raios com tamanho muito maior que os dos números na tarja.

de objetos diferentes que em geral são de cores diferentes. Isso se caracteriza em menos informações para serem tratadas pelos demais estágios da técnica de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010].

2.2 TLCM, proposta para redução da quantidade de informação fornecida pelo estágio TLC

Tendo em vista os problemas apontados na Seção 2.1 sobre o algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], e conforme descrito no artigo publicado por [Jesus e Borges 2018], propõe-se a inclusão de três novas heurísticas no estágio TLC. Uma baseada na análise das cores dos objetos na imagem colorida, "Estágio de Checagem de Cor"; outra baseada na largura máxima que os caracteres numéricos das tarjas podem ter, "Estágio limita Comprimento"; e por fim uma redução na área de varredura vertical/linhas da imagem, "Estágio Limita Linhas". Estas heurísticas compõem a melhoria para o sistema que daqui por diante será referenciado como TLCM (*Transformada de Largura de Curso Melhorada*). A Figura 2.7 mostra o novo fluxo da TLCM para geração dos mapas de raios.

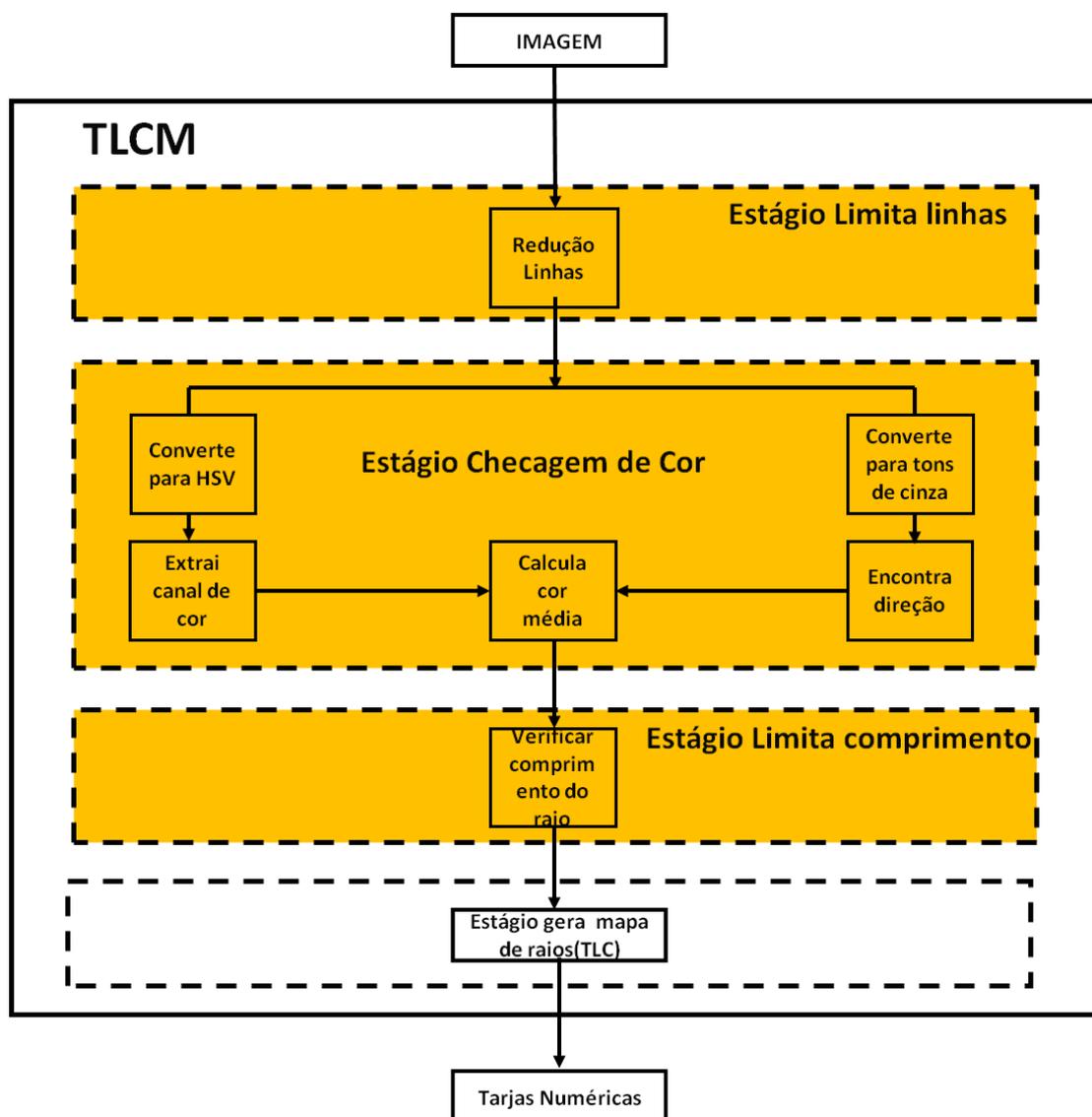


Figura 2.7: Fluxo proposto para o novo estágio extrator do mapa de raios (TLCM), destacando em laranja as novas heurísticas a serem testadas antes da ligação dos raios.

2.2.1 Detalhamento da heurística para verificação da média da cor em torno dos *pixels* p e q

O algoritmo [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] ao percorrer um caminho a partir do *pixel* p , encontra um *pixel* q oposto, que pode estar no mesmo caractere/objeto ou em um outro caractere/objeto. Conforme mostra a Figura 2.8, para aumentar a possibilidade de este raio ser parte do mesmo caractere/objeto, propõe-se realizar uma verificação de cor na vizinhança dos *pixels* p e q , e se a diferença entre as médias for maior que 50 graus(considerando a escala de Matiz do espaço de cores HSV) este raio é desprezado ou seja, não é conectado.

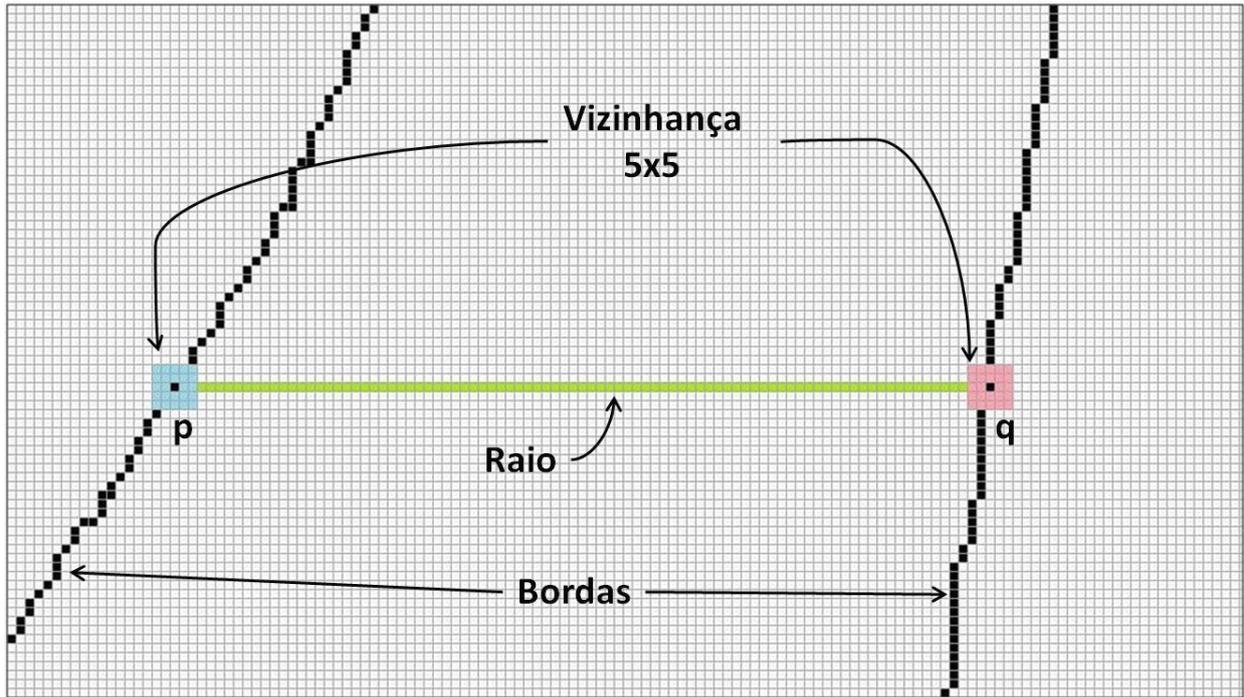


Figura 2.8: Detalhe da checagem de cor utilizando uma janela 5x5 para verificação da média da cor em torno dos *pixels* p e q na TLCM de [Jesus e Borges 2018].

Para implementar a heurística proposta na Figura 2.8 os seguintes passos são necessários:

Primeiro Passo: O sistema proposto deve inicialmente produzir uma cópia da imagem de entrada utilizando o espaço de cores HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*) e extrair o canal *Hue* (ver Figura 2.9). A opção por trabalhar com o espaço de cores HSV parte dos estudos realizados por Koschan et al. [Koschan e Abidi 2008] onde foi constatado que este modelo tem menos correlação entre a cor e a luminância, o que para este trabalho é de fundamental importância pois, a influência de áreas sombreadas ou com incidência de luz nos números é menor, e assim é possível aumentar a precisão no cálculo da média da cor em torno de cada *pixel*, se comparado ao espaço de cores RGB.

Segundo Passo: O sistema deve produzir uma cópia da imagem original em tons de cinza pela seguinte razão: considerando que o *pixel* analisado se encontra na borda do objeto (ver Figura 2.8), percebe-se que metade da janela está sobre o objeto e a outra metade não está. Interessa analisar a cor, apenas da parte que está sobre o objeto, pois não se tem garantia que a parte não

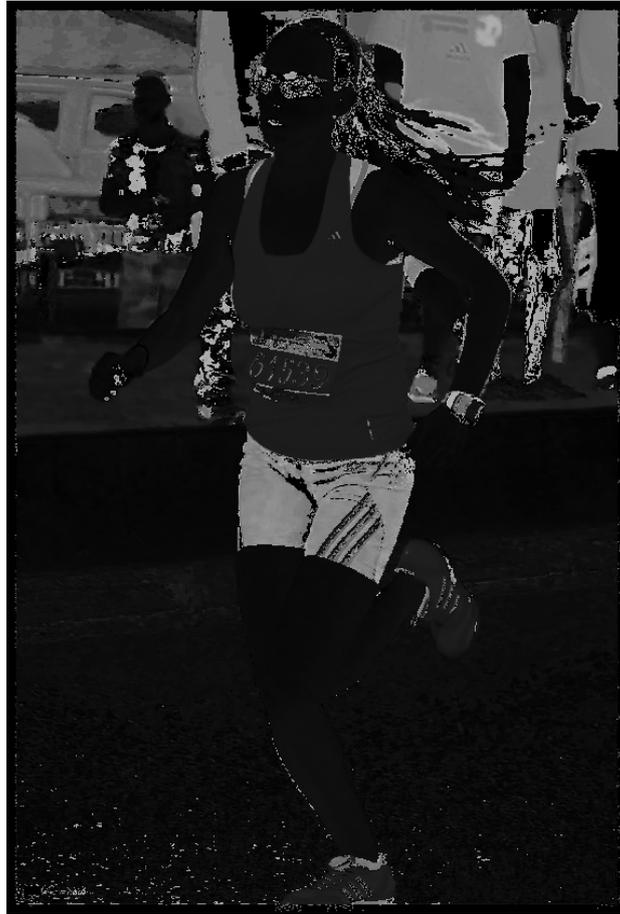


Figura 2.9: A Figura mostra o canal *HUE* extraído da imagem no espaço HSV.

objeto, vai ter a mesma intensidade em ambos os *pixels*, p e q .

Terceiro Passo: Utilizando uma janela 5x5 (ver Figura 2.10), determina-se para cada pixel da imagem em tons de cinza, de que lado está a região com menor intensidade. Para isto é realizado a soma das intensidades de todos os *pixels* que estão em cada direção a partir do *pixel* analisado e o lado que apresentar o menor valor é o lado onde está o caractere/objeto.

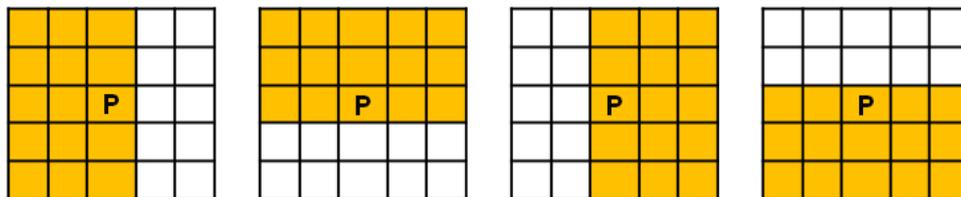


Figura 2.10: Para determinar a direção onde está o caractere/objeto, é realizada a soma simples das intensidades dos *pixels* em laranja a partir do *pixel* P . O lado que apresentar o menor valor (dado que os *pixels* que compõe o objeto na imagem em tons de cinza, tem intensidade menor que os *pixels* que compõe o fundo da tarja) este será o lado onde está o caractere/objeto

Quarto Passo: Para cada *pixel*(m,n) do canal *HUE* é então calculada a média de cor de sua vizinhança com uma janela 5x5, ver Equação 2.1. Considerando apenas os *pixels* que estiverem

sobre o objeto, os quais foram calculados no passo 3, assim a quantidade de *pixels* utilizados para cálculo da média em uma janela 5x5, por exemplo, é de apenas 15(incluindo a coluna/linha onde se encontra o *pixel P*), e não todos os 25 *pixels* da janela. O tamanho da janela foi determinado em função de experimentos onde percebe-se que quanto maior a janela, ocorre uma perda de precisão, pois o resultado fica suavizado a medida que o tamanho da janela aumenta e prejudica o resultado final.

$$cor_média_{m,n} = \frac{\sum_{i=0}^5 \sum_{j=0}^5 I(i, j)}{15} \quad (2.1)$$

onde: I significa a Intensidade da cor do canal *HUE* do espaço de cores HSV.

Quinto Passo: O valor médio da cor, obtido, é então armazenado em outra matriz do mesmo tamanho(m,n) da imagem original, para utilização no estágio TLC (ver Figura 2.11). Esta opção tem ainda um ganho adicional de trabalhar a cor num espaço bidimensional ao armazenar as médias em uma matriz do mesmo tamanho da imagem que está sendo processada.



Figura 2.11: Exemplo de matriz com as médias de cor em torno de cada *pixel* da imagem inicial, calculadas a partir do canal *HUE*.

2.2.2 Detalhamento da heurística para verificação do comprimento do raio

Considerando que busca-se obter apenas os números das tarjas e que estas ocupam apenas uma pequena área da imagem, e conforme as análises, muitos raios conectados tem um tamanho muito maior que os raios que compõe os números nas tarjas. Poder-se-ia então, limitar o tamanho dos raios ao número/digito que tenha a maior largura entre todos os números considerados para efeito desta pesquisa. Ver Equação 2.2.

$$Raio = (|color_p - color_q| < Max_distancia_cor) \text{ and } (comprimento < Max_comprimento) \quad (2.2)$$

onde: $(Max_distancia_cor = 180\text{graus} * 28 / 100)$ e $(Max_comprimento = 40)$

A Figura 2.12 mostra um exemplo de aplicação das Equações, 2.1 e 2.2 utilizadas para cálculo da checagem de cor e também do comprimento máximo do raio.

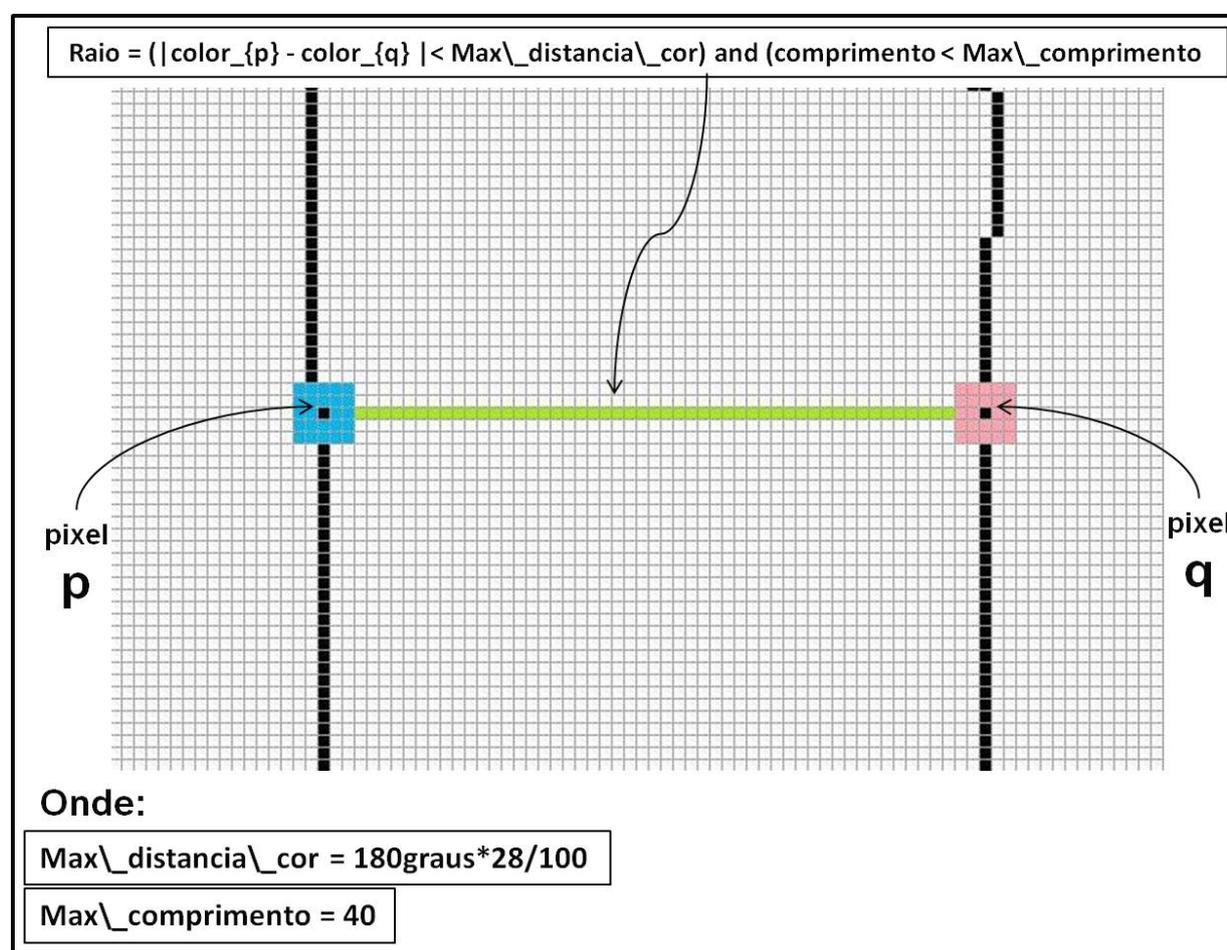


Figura 2.12: Exemplo de conexão levando em consideração a média da cor em torno dos *pixels* p e q e também se o comprimento do raio é menor que 40 *pixels*.

2.2.3 Detalhamento da heurística para redução da área de busca na imagem

Profissionais de fotografia utilizam técnicas para enquadrar a imagem de acordo com a informação que se deseja destacar. Uma destas técnicas é conhecida como "Regra do Terço", onde a imagem, na tela da câmera fotográfica, é dividida em 9 partes iguais. Em geral a imagem é dividida pelo horizonte e a área de interesse ocupa o centro da imagem. Para as imagens de corridas de rua, percebe-se que os fotógrafos enquadram as tarjas no centro da imagem em relação ao eixo vertical, com exceção de imagens onde a intenção é destacar o corredor em *close* e então a tarja numérica fica na parte inferior da imagem. Poder-se-ia, então, reduzir a quantidade de informação gerada pelo estágio TLC, fazendo com que a varredura no mapa de bordas ocorra apenas na área central da imagem no sentido vertical, por exemplo reduzindo 10% das linhas na parte superior e também inferior da imagem. Não se considera reduzir a varredura no sentido horizontal porque muitas imagens são de corredores em fila e que portanto ocupam a imagem desde o lado esquerdo até o lado direito.

2.3 TLCM II, proposta de remodelagem dos estágios, Conexão de Componentes(CC), Filtragem de Componentes(FC) e Montagem de Caracteres(MC) do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]

Com a melhoria proposta na TLCM, descrita na Seção 2.2, espera-se ser possível reduzir a quantidade de informação no mapa de raios sem perda das áreas/regiões onde se encontram as tarjas numéricas. Em consequência, tendo-se um mapa com menos raios, poder-se-ia criar parâmetros específicos para detecção das tarjas numéricas e também recalibrar os parâmetros já existentes, nos estágios CC, FC e MC, com maior precisão e assim aumentar a quantidade de números e tarjas numéricas detectadas ao final do processo.

2.3.1 Problemas encontrados nos estágios CC, FC e MC

Conforme abordado na Seção 1.2 e em consonância ao proposto por Jung et al. [Jung, Kim e Jain 2004], o algoritmo TLC apresentado por [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] tem outros estágios. A análise do algoritmo verificou-se que a grande quantidade de raios gerados onera os demais estágios da seguinte forma:

- O estágio de conexão de componentes(CC) é prejudicado devido ter mais *pixels* no mapa de raios para analisar e ocorre que um *pixel* que faz parte de um componente, em muitos casos acaba sendo conectado a um *pixel* que está em outro componente, pelo fato de serem *pixels* adjacentes e terem valores de largura de curso semelhantes. Assim dois componentes distintos se tornam um, tendo seus tamanhos somados, com isso dependendo dos valores que foram parametrizados no filtro de componentes (FC), estes componentes são eliminados e muitas vezes perde-se um número da tarja;

- O estágio de filtragem é prejudicado pois as heurísticas utilizadas (média, mediana, variância, altura), devem ter valores de corte mais abrangentes tendo em vista uma quantidade maior de componentes para filtrar, mas tendo que ser mais maleável para não perder textos e números, assim acaba passando para o estágio seguinte uma grande quantidade de componentes;
- O estágio de Encadeamento/União dos Caracteres é prejudicado pois tem uma quantidade maior de componentes para avaliar se fazem parte da mesma cadeia de caracteres.

2.3.2 Análise dos números que compõem as tarjas numéricas

Os números que compõem as tarjas numéricas exibem algumas características de cor e também características geométricas que podem facilitar sua extração a partir do mapa de raios:

- Um caractere/número, não pode ter largura menor que três *pixels*, em considerando caracteres que tenham formas arredondadas, como exemplo os casos das letras minúsculas "a", "b", "c", "d", "g", "h", "o", "p", "q", "s", "u", a letra maiúscula "T" e também os algarismos arábicos, "0", "3", "4", "5", "6", "8", "9". As dimensões destes caracteres determinam as dimensões dos outros caracteres na mesma linha, pois pelas regras de escrita não tem palavras ou sequências de números formadas por caracteres de tamanhos variados. Esta constatação facilita o ajuste dos filtros de largura e altura no estágio FC.
- Outra constatação é de que o valor do *pixel* resultante da curso não pode ter valor de intensidade igual a zero, pois significaria a não existência do curso, então no pior caso um curso terá uma largura mínima de valor 1 de intensidade sobre um fundo preto de intensidade 0. Constatado também que nestes casos o contraste do mapa de raios se torna mínimo, na ordem de 1 a 20 dependendo da largura do número da tarja, isto prejudica sobremaneira esta propriedade da imagem normal, mas para o curso, se torna um filtro, pois se sabemos que a largura do curso de um número não pode ser maior que 100 *pixels*, então podemos desprezar todo o resto dos objetos do mapa de raios.

2.3.3 Proposta de remodelagem das heurísticas nos estágios CC, FC e MC

Partindo do novo mapa de raios, onde a propriedade da cor foi utilizada para redução do referido mapa, pode-se agora propor melhorias nos estágios de conexão de componentes(CC), filtragem de componentes (FC) e montagem dos caracteres (MC) conforme descrito a seguir:

2.3.3.1 Estágio Conexão de Componentes

O estágio CC trabalha em cada *pixel* do mapa de raios verificando se este faz parte do mesmo caractere/ objeto. Esta análise ocorre comparando a largura do curso registrado no *pixel* em relação ao *pixel* adjacente. O problema é que podem haver ocorrências de *pixels* adjacentes que tenha o mesmo valor de largura do curso mas que pertençam a caracteres/objetos diferentes. Para reduzir o possibilidade de ligar objetos diferentes poder-se-ia verificar se a cor em torno do *pixel*

adjacente é semelhante. Esta verificação pode aproveitar o mesmo mapa de médias de cor utilizado pelo estágio TLCM.

2.3.3.2 Estágio Filtragem de Componentes

Uma vez estabelecidos os componentes, é necessário eliminar aqueles que não são texto. Neste estágio são tratadas as Heurísticas de (média, mediana, variância, altura, largura e também a razão entre altura e largura) e cada uma pode ser recalibrada, também se propõe um reordenamento na sequência de aplicação das heurísticas visando melhorar o desempenho do ponto de vista de tempo, assim a sequência de filtragem será:

1. Abordagem dos atributos geométricos dos componentes:

- Primeiro: Eliminar os componentes/caracteres cuja a altura seja maior que 115 *pixels*, pois conforme as avaliações das imagens descritas no capítulo 4 o número mais alto tem 100 *pixels*;
- Segundo: Eliminar os componentes/caracteres cuja largura seja maior que 90 *pixels*, este valor é próximo da altura em função de que os caracteres/números podem estar inclinados e assim a área do componente acaba ficando mais larga;
- Terceiro: Em relação a TLC de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] propõe-se incluir também uma altura e largura mínima, considerando-se que o mapa de bordas de Canny tem 1(um) *pixel* de resolução, então é natural pensar que um caractere/número deve ter no mínimo 4 *pixels* de largura e 5 *pixels* de altura.
- Quarto: Eliminar componentes/caracteres cuja largura em relação a altura seja menor que 20% ou maior que 80%. Esta decisão leva em conta que os números das tarjas sempre tem a altura maior que a largura.

2. Abordagem dos atributos de cor

- Primeiro: O Algoritmo TLC de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] utiliza como valor de filtragem da variância uma diferença de até 50%. Tendo em vista que vai haver uma checagem de cor nos estágios TLC e CC, propõe-se aceitar que hajam diferenças de até 60%. Assim uma maior quantidade de componentes será analisada.

2.3.3.3 Estágio Montagem das Cadeias de caracteres(MC)

Este é o estágio final da técnica TLC de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], onde os componentes/caracteres que não foram excluídos no estágio de filtragem (FC), são analisados quanto a sua disposição na imagem. Este estágio trabalha em duas Heurísticas para unir os componentes/caracteres, uma geométrica analisa a distância em termos de *pixels* entre os centros dos componentes/caracteres. Outra, analisa a semelhança de cores entre os componentes. Propõe-se que não haja a análise de cores já que este requisito foi abordado no estágio TLCM e CC.

2.4 Considerações Finais

Aqui conclui-se as propostas de melhoria sobre os demais estágios do algoritmo TLC de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] para aumentar a quantidade de números extraídos das tarjas numéricas nas imagens de corridas de rua. A Figura 2.13 mostra o novo fluxo para detecção dos números, onde apenas o estágio extrator de bordas não foi alterado.

No próximo Capítulo será abordada a criação de uma Base de Dados de Imagens e a realização de experimentos implementando as soluções propostas aqui.

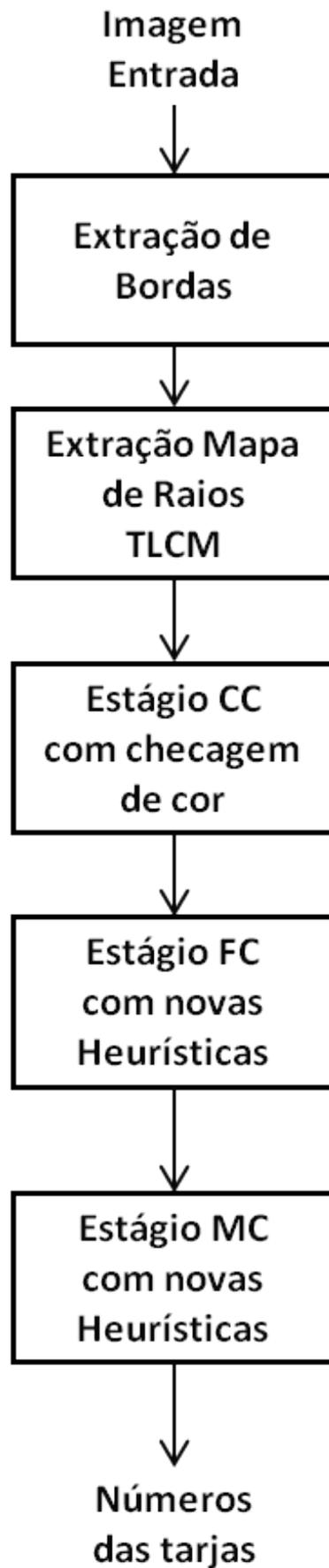


Figura 2.13: Apresentação do novo fluxo geral, TLCM II, cujas heurísticas incluídas, foram ajustadas especificamente para aumentar a extração dos números de identificação dos corredores.

Capítulo 3

Experimentos e Resultados

3.1 Desenvolvimento de uma Base de Dados Rotulada/Validada

Para avaliar os resultados das propostas elencadas no Capítulo 2, é necessário que estes resultados possam ser confrontados com alguma referência. Os dois principais trabalhos correlacionados a este, tratam as avaliações das detecções de texto e números de formas distintas, conforme explicado a seguir:

- O algoritmo de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] utilizou para testes as bases *ground truth* disponibilizadas em ICDAR2003 e ICDAR2005. Estas bases são compostas de imagens onde as regiões de texto foram manualmente marcadas com retângulos e tendo suas coordenadas anotadas. O TLC quando encontra uma área candidata a texto, forma um retângulo em torno da palavra/caracter e as coordenadas são salvas em um *array*. Um texto/palavra é dado como acerto se as coordenadas do retângulo produzido em volta deste mesmo texto corresponder ao das bases ICDAR2003 e ICDAR2005;
- Já para Ben-Ami et al. [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012], os resultados obtidos como saída do algoritmo TLC sofrem um pós-processamento, onde são recortados, binarizados e submetidos a um reconhecimento óptico dos caracteres por meio algoritmo *Tesseract* e a avaliação é dada pela quantidade de tarjas detectadas por este OCR. Infere-se que a contagem final é manual pois o referido *Tesseract* produz apenas um arquivo ".txt" por imagem;

Neste trabalho, conforme declarado, o objetivo é detectar a maior quantidade de tarjas possível, e não se identificou na literatura, alguma base *ground truth*, com retângulos, específica para detecção de tarjas. Também não se considera o uso de um algoritmo OCR, pois a proposta é melhorar o resultado final do algoritmo TLC antes da entrega para um algoritmo de reconhecimento óptico.

Tendo em vista estas restrições, optou-se por construir uma base de dados *ground truth* própria. Onde as tarjas serão identificadas em cada imagem e rotuladas em planilhas, manualmente.

Também serão rotuladas a quantidade de ocorrências dos números que compõem essas tarjas. Entende-se que essa metodologia pode ser usada em igualdade de condições pelas outras propostas facilitando as comparações.

Também como metodologia de avaliação de desempenho do novo algoritmo, foi escolhido contar manualmente as tarjas integralmente detectadas e também a quantidade de ocorrências dos números que compõem essas tarjas na saída dos algoritmos TLC, TLMC, e TLMC II.

3.1.1 Montagem da Base de Imagens

A construção da nova base deve ser realizada percorrendo os seguintes passos:

Passo 1: Obter e selecionar imagens de corrida de rua. Para atingir a maior cobertura de situações diversas, as imagens selecionadas para o experimento devem atender minimamente aos seguintes requisitos:

- O conjunto de imagens deve abranger todos os números de 0 a 9 em quantidades semelhantes;
- Os números contidos nas tarjas devem ter a maior variedade possível de cores;
- O conjunto de imagens deve conter a maior variedade possível de cores das tarjas;
- As imagens devem contemplar quantidades variadas de tarjas;
- As imagens devem contemplar a maior variação possível de distâncias em relação a câmera;
- As imagens devem ter resoluções e tamanhos variados;
- As imagens devem contemplar a maior variação possível de luz.

As imagens usadas nos experimentos foram obtidas em um site publico [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] totalizando 217 imagens, ver anexo I. Essas imagens foram escolhidas porque favorecem a comparação dos resultados, já que são as mesmas imagens testadas no algoritmo de Ben-Ami et al. As imagens estão divididas em três conjuntos considerando diferentes resoluções e tamanhos conforme mostra a Tabela 3.1.

Conjunto	Qtde imagens	Resolução
01	92	342x512 - 480x720
02	67	800x530 - 850x1260
03	58	800x530 - 768x1024

Tabela 3.1: Descrição dos conjuntos de imagens para criação da Base de Dados *ground truth*

Passo 2: Selecionar tarjas. Em cada imagem foram selecionadas manualmente as tarjas, em foco e discerníveis, e anotadas em planilha(ver anexos II a V) conforme a seguir:

- Nome da imagem;

- tarja contida na imagem;
- Cor do número;
- Cor do Fundo;

OBS: Caso a imagem contenha mais de uma tarja, essa outra tarja será anotada em uma nova linha da planilha com a repetição das demais características da imagem.

Passo3: Visando ter um segundo parâmetro de comparação, também foi realizada uma contagem manual de cada número que compõe as tarjas selecionadas, totalizando para os três conjuntos 1369 números. Também foram contadas a quantidade de aparições dos números por tarja. Por exemplo, para a tarja 3638 foram contadas 2 aparições do numero 3, uma aparição do numero 6 e uma aparição do numero 8. É importante salientar que as imagens não sofreram qualquer tipo de pré-processamento ou modificações em relação a resolução ou tamanho.

A quantidade total de tarjas e de aparições dos caracteres numéricos 0 à 9 para cada conjunto de imagens está mostrada nas Tabela 3.2. Também pode-se ver o detalhamento de cada tarja nos anexos II à V.

CONJUNTO	tarjas	Quantidade de aparições dos números										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
01	103	19	37	48	63	35	30	44	35	40	22	373
02	88	78	116	37	42	30	32	23	29	21	25	433
03	147	34	68	70	90	75	72	34	43	48	29	563
Total Geral	338	131	221	155	195	140	134	101	107	109	76	1369

Tabela 3.2: Detalhamento da quantidade de aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas

Ressalta-se que a quantidade de tarjas consideradas válidas nesta pesquisa, em cada conjunto, é maior que a quantidade considerada por [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012], conforme mostra na Tabela 3.3. Isto se torna relevante para os casos em que os resultados quantitativos desta pesquisa sejam inferiores quando comparados com os resultados de [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012].

3.1.2 Geração de uma base de resultados utilizando o algoritmo [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] sem modificações

Foi executado o código original de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] sem modificações sobre as 217 imagens e realizada a contagem manual dos resultados salvando em tabela com a mesma formatação da Tabela 3.2. Estes resultados servirão para comparação de desempenho, após a

CONJUNTO	Qtde tarjas nesta Pesquisa	Qtde tarjas em [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012]
01	103	100
02	88	75
03	147	111
Total Geral	338	286

Tabela 3.3: Comparação entre a quantidade de tarjas submetidas para detecção nesta pesquisa e por [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012]

implementação das melhorias propostas no capítulo [2]. O código permite salvar imagens entre os intervalos dos estágios. Assim para efeito de pesquisa nesta execução, foram contadas:

- A quantidade de tarjas integralmente detectadas analisando os mapas de raios disponibilizados no estágio TLC;
- As tarjas integralmente detectadas no estágio final do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010];
- A quantidade de aparições dos números por tarja ao fim do processo;
- A soma dos tamanhos em bytes de cada uma das imagens dos mapas de raios produzidos pelo estágio TLC.

Os resultados estão mostrados na Tabela 3.4.

CONJUNTO	Qtde tarjas TLC	Qtde tarjas Final	Quantidade de aparições dos números										Total
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
01	79	33	10	19	24	32	14	12	25	21	18	10	185
02	49	7	5	12	8	5	4	6	6	4	1	3	54
03	140	65	14	48	42	58	50	45	23	32	27	19	358
Total Geral	268	105	29	79	75	95	69	63	54	57	46	33	600

Tabela 3.4: Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas após o estágio TLC e após o estágio final do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas

Conforme descrito na Tabela 3.4 a execução do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] sobre as imagens selecionadas foi capaz de detectar 31% das tarjas e 43% dos números relacionados em comparação com a Tabela 3.2.

3.2 Experimentos

3.2.1 Experimento I

O Experimento I consiste em incluir no algoritmo os códigos propostos na Seção 2.2 para executar a checagem de cor considerando para cálculo da média de cor todos os 25 pixels da janela 5x5, e também os códigos para verificação do tamanho do raio. O Objetivo principal deste experimento é demonstrar a redução da quantidade de raios gerados no estágio TLC sem reduzir a detecção das tarjas neste estágio.

Após a implementação e execução do novo código foram checadas manualmente uma a uma as imagens dos mapas de raios resultantes do estágio TLMC [Jesus e Borges 2018] em relação ao tamanho. Em uma inspeção visual dos mapas já é possível verificar a redução na quantidade de raios, e a comprovação se dá pela análise do tamanho em bytes de cada imagem do mapa de raios onde houve uma redução geral de 45,8% comparando-se com a TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] conforme mostra a Tabela 3.5.

Imagens	TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]	TLMC [Jesus e Borges 2018]	Redução alcançada
92(<i>conjunto</i> ₁)	6.73MB	4.07MB	39.7%
67(<i>conjunto</i> ₂)	7.09MB	3.83MB	45.9%
58(<i>conjunto</i> ₃)	10.08MB	5.46MB	49.4%
Redução Total			45.8%

Tabela 3.5: Mostra a redução do tamanho(em MegaBytes) dos mapas de raios, após a implementação do experimento I

A Figura 3.1 mostra o resultado para uma imagem após a implementação da melhoria proposta em [Jesus e Borges 2018]. Pode-se observar que houve uma redução acentuada na quantidade de raios e que a tarja (61539) foi preservada.

A seguir procedeu-se a contagem dos resultados ao fim do processamento das imagens. Os resultados em termos de detecção de tarjas e quantidade de aparições dos números podem ser verificados na Tabela 3.6.

CONJUNTO	Quantidade tarjas	Quantidade de aparições dos números										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
01	37	13	21	28	36	17	13	27	23	23	12	213
02	8	12	17	11	11	8	9	8	7	2	3	88
03	83	28	56	44	62	60	59	28	37	36	21	431
Total Geral	128	53	94	83	109	85	81	63	67	61	36	732

Tabela 3.6: Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas após a implementação do experimento I

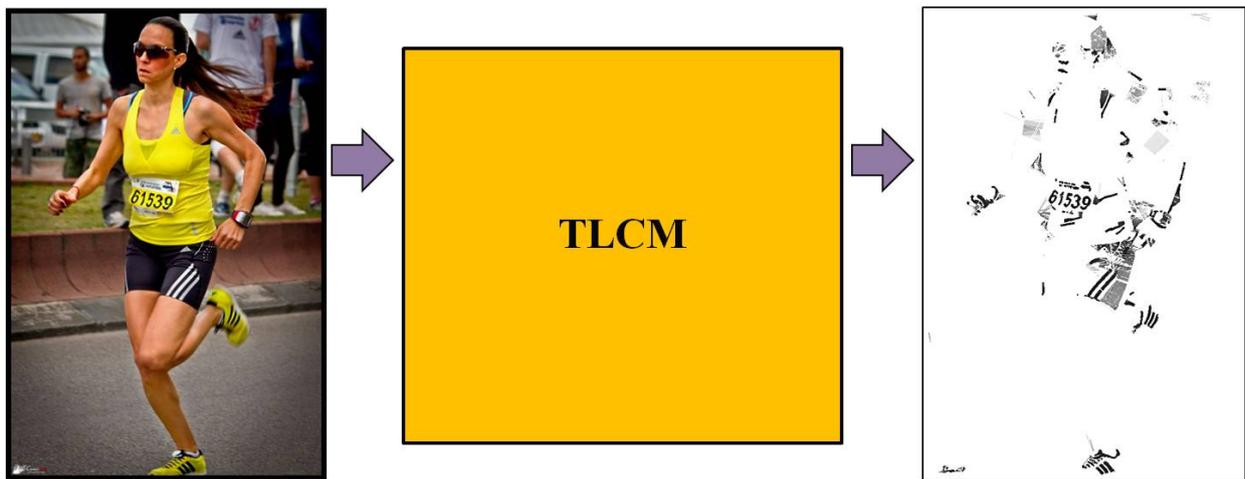


Figura 3.1: Apresenta em (a) uma imagem de corredor de rua disponível em [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] e em (b) o mapa de raios obtido após execução do algoritmo TLCM [Jesus e Borges 2018]

Ainda, para aumentar a base de comparação, foi adicionada uma variante à metodologia TLCM proposta, trocando o cálculo da média de cor em torno dos pixels p e q pelo cálculo da mediana da cor em torno dos pixels p e q . Também foi considerado aumentar o tamanho da janela de 5x5 para 7x7. Os resultados em termos de quantidade de números detectados podem ser verificados na Tabela 3.7.

Imagens	Números	Media		Mediana	
		janela 5x5	janela 7x7	janela 5x5	janela 7x7
Conjunto1	373	213	209	189	176
Conjunto2	433	88	86	118	110
Conjunto3	563	431	435	318	368
Total Geral	1369	732	730	625	654

Tabela 3.7: Apresenta a quantidade de tarjas detectadas e as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas, alterando o tipo de cálculo de: média para mediana e também o tamanho da janela de: 5x5 para 7x7

3.2.1.1 Análise Experimento I

Uma das causas das diferenças entre a contagem *ground truth* obtida e os resultados apresentados por [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] pode ser em relação a quais tarjas foram consideradas para efeitos de contagem. Neste trabalho optou-se por contar os dígitos. No trabalho de Bem Ami [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012] foram contados apenas as tarjas detectados ao fim do processo com o OCR *Tesseract*. Ocorre que muitas das tarjas contadas neste trabalho podem não ter sido consideradas nos trabalhos citados e assim a quantidade de acertos ser proporcionalmente menor. Entende-se que a contagem dos números é o método mais adequado para efeito de

comparação com outras pesquisas.

3.2.2 Experimento II

O Experimento II consiste em implementar no algoritmo TLCM [Jesus e Borges 2018] os códigos para:

- Incluir no estágio TLCM os códigos necessários para reduzir a quantidade de linhas verificadas no mapa de bordas;
- Incluir a verificação de direção na janela de busca no estágio TLCM;
- Incluir a checagem de cor no estágio CC. Para isso será utilizada a mesma estrutura implementada no estágio TLC;
- Trabalhar a geometria dos números/componentes no estágio de filtragem;
- Inibir o módulo de checagem de cor RGB dos componentes/caracteres, no estágio MC.

A seguir procedeu-se execução do código e a contagem dos resultados ao fim do processamento das imagens. Com este experimento foi obtida uma nova redução na quantidade de raios, conforme mostra a Tabela 3.8.

Imagens	TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]	TLCM [Jesus e Borges 2018]	TLCM II	Redução alcançada
92(<i>conjunto₁</i>)	6.73MB	4.07MB	3.63MB	46.0%
67(<i>conjunto₂</i>)	7.09MB	3.83MB	3.36MB	52.6%
58(<i>conjunto₃</i>)	10.08MB	5.46MB	5.09MB	49.5%
Redução Total				49.45%

Tabela 3.8: Mostra a redução do tamanho(em MegaBytes) dos mapas de raios, após a implementação do experimento II

Os resultados das implementações em relação a detecção de tarjas e aparição dos números podem ser verificados na Tabela 3.9.

3.2.2.1 Análise Experimento II

Percebe-se que houve um aumento das tarjas detectadas no conjunto1 e no conjunto3 conforme mostra a tabela 3.9 , porém a taxa de recuperação dos números no conjunto 2 foi o maior desafio da pesquisa, em todos os testes o desempenho foi muito baixo. Análises dos *pixels* dos números em algumas imagens do conjunto2 observou-se que a incidência da luz solar produz uma variação elevada dos níveis de cores superando 50 graus no espaço de cores HSV. Além disso há também muitos reflexos nas tarjas entre os números, causando ligações entre esses números. Grande parte

CONJUNTO	Quantidade tarjas	Quantidade de aparições dos números										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
01	50	11	20	28	41	18	14	29	24	25	9	219
02	9	13	22	9	10	7	9	9	5	2	1	88
03	86	18	59	44	60	54	58	27	36	28	19	403
Total Geral	145	42	101	81	111	79	81	65	65	55	30	710

Tabela 3.9: Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas após a implementação do experimento II

destes reflexos foram reduzidos com a aplicação da checagem de cor. Conforme demonstrado nas planilhas, 50 por cento dos números são perdidos ainda na produção do mapa de bordas.

O Filtro de Componentes (FC) se mostrou peça chave para a detecção das tarjas pelo OCR, durante os testes foram utilizados valores para as heurísticas que proporcionaram resultados finais onde só constava a tarja, mas em compensação reduziu drasticamente a quantidade de tarjas detectadas ao final do processo.

Constatou-se também que muitas tarjas são perdidas porque os números estão ligados entre si. Por exemplo a tarja 1880 na imagem 58 do conjunto3, os números 880 eram perdidos porque o 0 está ligado à lateral da tarja por um *pixel*. Quando foi implementado a checagem de cor essa ligação foi desfeita e os números apareceram no resultado final, porém ao recalibrar no estágio FC, a heurística de proporção entre largura e altura, esses números voltaram a ser perdidos porque os três números estão conectados entre si por um *pixel* e acaba somando os tamanhos de largura e altura e são filtrados. Essas conexões se devem ao movimento da tarja no corpo do corredor e ao ângulo do qual a foto foi tirada.

Conforme citado na Seção 1.2.2 o algoritmo de detecção de texto TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] gera uma grande quantidade de componentes não texto na imagem final. Ao reduzir a quantidade de informação no estágio TLC houve um efeito colateral, aumentou a quantidade de componentes não texto na imagem final. Isto se explica, pois muitas porções da imagem que seriam conectadas a algum componente no estágio CC ficou "ilhada", e por ter semelhanças com números se tornou um componente isolado.

3.3 Ampliação da nova Base de Dados

No sentido de disponibilizar um sistema completo de detecção dos números de identificação em imagens naturais de corredores de rua, foi incluído nesta pesquisa um novo conjunto, descrito na Tabela 3.10, com imagens que abrangem mais situações de corrida de rua tais como: cenas em áreas de mata fechada, em terrenos acidentados, atravessando lençóis de água e também com chuva e além disso, introduzem novas resoluções. As imagens foram gentilmente cedidas pelo

Estúdio Fotográfico [André A. Martins], e podem ser disponibilizadas por meio de contato com o autor.

Conjunto	Qtde imagens	Resolução
04	125	536x800 - 1800x1200

Tabela 3.10: Descrição do novo conjunto de imagens para ampliação da Base de Dados *ground truth*

Para inclusão deste novo conjunto de imagens na Base de Dados *ground truth* foram realizados os mesmos procedimentos descritos na Seção 3. A quantidade de tarjas e números escolhidos para inclusão na base estão descritos na Tabela 3.11.

CONJUNTO	Quantidade tarjas	Quantidade de aparições dos números										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
04	169	45	73	64	60	35	56	44	41	28	32	478

Tabela 3.11: Detalhamento da quantidade de aparições dos números que compõem as tarjas do conjunto4

A seguir as novas imagens foram submetidas ao algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] sem modificações. Os resultados estão descritos na Tabela 3.12

CONJUNTO	Qtde tarjas TLC	Qtde tarjas Final	Quantidade de aparições dos números										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
04	167	88	28	46	41	34	19	38	27	25	13	17	288

Tabela 3.12: Detalhamento da quantidade de tarjas detectadas após os estágios TLC e final e também as aparições dos números que compõem as tarjas do conjunto4

3.3.1 Experimento III

Dando sequência aos testes o objetivo deste experimento é executar todos os conjuntos de imagens com todas as melhorias realizadas no algoritmo TLC. Os resultados estão mostrados na Tabela 3.13

3.3.1.1 Análise Experimento III

Neste experimento foram testados os 4 conjuntos de imagens utilizando a TLCM II. Os resultados superam os resultados da TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] tanto em quantidade de tarjas detectadas(264) contra (193), quanto em quantidade de números detectados(1086) contra (888).

Em relação ao problema da conexão dos números entre si, levantado ao longo da pesquisa, é importante pensar na inclusão de alguma heurística que os separe, mas isso se contrapõe ao fato

CONJUNTO	Quantidade tarjas	Quantidade de aparições dos números										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
01	50	11	20	28	41	18	14	29	24	25	9	219
02	9	13	22	9	10	7	9	9	5	2	1	88
03	86	18	59	44	60	54	58	27	36	28	19	403
04	119	36	63	51	45	21	42	35	34	20	29	376
Total Geral	264	78	164	132	156	100	123	100	99	75	59	1086

Tabela 3.13: Detalhamento da quantidade final de tarjas detectadas e também as aparições dos números que compõem cada conjunto de tarjas

que em muitos casos o próprio número aparece quebrado devido as dobras das tarjas devido ao movimento do corredor ou fissuras, ou ainda reflexos do sol.

A Figura 3.2 apresenta um exemplo comparativo entre a TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], a TLMC [Jesus e Borges 2018], e a TLMC II com as implementações das heurísticas nos demais estágios proposta na Seção 2.3.3 e finalmente o exemplo de uma tarja extraída após o estágio final MC. Percebe-se que em todos os momentos a região da tarja foi preservada.

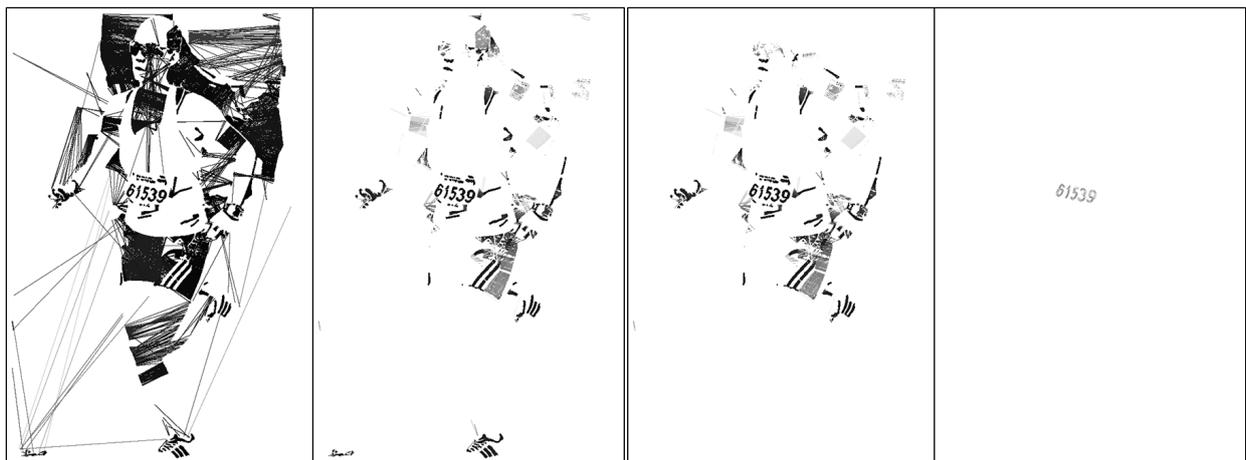


Figura 3.2: O exemplo mostra a redução da quantidade de informação do mapa de raios de acordo com a técnica aplicada. (a) representa o mapa de raios da TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010], (b) representa o mapa de raios da TLMC [Jesus e Borges 2018], (c) representa o mapa de raios com a implementação da TLMC II e (d) apresenta uma tarja extraída com a implementação da TLMC II.

3.3.2 Experimento IV

O experimento IV consiste em submeter ao algoritmo OCR *Tesseract*, o resultado obtido em cada um dos experimentos anteriores. A imagem submetida ao *Tesseract* gera um arquivo extensão txt para cada imagem, estes arquivos foram verificados manualmente e se contivesse os números correspondentes a tarja o resultado é contado como válido. Os resultados desta contagem podem

ser verificados na Tabela 3.14.

Imagens	TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]	TLCM [Jesus e Borges 2018]	TLCM II
Conjunto1	10	18	32
Conjunto2	1	5	7
Conjunto3	6	22	20
Conjunto4	30	60	67
Total	47	105	126

Tabela 3.14: Mostra a quantidade de tarjas detectadas pelo algoritmo OCR *Tesseract*

3.3.2.1 Análise Experimento IV

Observa-se na Tabela 3.14 que o resultado do *Tesseract*(126) é inferior, se comparado com a quantidade de tarjas extraídas das imagens(264) conforme mostrado na Tabela 3.13. Ainda conforme citado na Seção 1.2.2 o algoritmo de detecção de texto TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] gera na saída, uma grande quantidade de componentes não texto.

Constatou-se que o tamanho do mapa de raios gerado, influencia diretamente no desempenho dos demais estágios do algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]. Ao reduzir a quantidade de informação no estágio TLC houve um efeito colateral, aumentou a quantidade de componentes não texto na imagem final. Isto se explica, pois muitas porções da imagem que seriam conectadas a algum componente no estágio CC ficou "ilhado", e se tornou um componente isolado.

Esses componentes não texto interferem diretamente no resultado do OCR *Tesseract*. Percebeu-se durante os testes que este algoritmo tenta interpretar qualquer coisa que tenha na imagem, e acaba gerando, além dos números, uma grande quantidade de "lixo" nos arquivos .txt.

O Experimento revelou ainda um outro problema, para os casos em que as imagens contenham mais de uma tarja e estas tendo sido detectadas ao fim do processo, não se sabe como o algoritmo OCR fará para saber onde começa e termina uma tarja.

3.4 Considerações Finais

Conforme demonstrado nos experimentos, as soluções propostas melhoraram a quantidade de tarjas detectadas. A seguir apresenta-se as conclusões do trabalho.

Capítulo 4

Conclusões

O foco desta pesquisa abrangeu a extração dos números das tarjas de corredores de rua a partir de imagens. A extração eficiente dos números é relevante para os profissionais da fotografia poderem identificar os competidores em uma corrida, dado estes competidores serem em grande quantidade.

Este trabalho proporcionou duas contribuições principais:

- A implementação de heurísticas baseadas na análise da cor no espaço de cores HSV e nas características geométricas dos números nas tarjas para reduzir a quantidade de informação no mapa de raios. O que permite o algoritmo TLCM II ser mais eficiente.
- A construção de uma Base de Dados de Imagens, rotulada, que pode ser utilizada por qualquer outro trabalho semelhante, independente de qual seja a técnica de extração de texto utilizada, pois computa os resultados efetivos da saída dos algoritmos TLC, TLCM e TLCM II. Além disso, essa base já conhecida do meio acadêmico, foi ampliada em mais de 57%, com a adição de imagens inéditas que abrangem mais situações de corridas, assim ampliando os cenários de testes para detecção das tarjas numéricas.

No Capítulo 1 foram abordados os trabalhos mais relevantes e atuais relacionados a detecção de textos e números. No Capítulo 2 foram feitas as propostas de solução, em acordo com os objetivos, visando aumentar a quantidade de tarjas detectadas e reduzir o tempo de processamento. No Capítulo 3 estão apresentados os resultados das alterações implementadas no algoritmo TLCM II onde se comprovou a hipótese de que era possível reduzir a quantidade de informação gerada no estágio TLC de [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] sem perda de informação das tarjas. Conforme demonstrado no Capítulo 3, 100% das tarjas detectadas no estágio TLC, permaneceram detectadas na TLCM II.

Conforme proposto e demonstrado nos experimentos I, II, III e IV, a redução dos mapas de raios em torno de 50 % e a ampliação da base de dados em torno de 57% permitiram:

- Aumentar, em torno de 73%, o percentual das tarjas integralmente detectadas na saída do

algoritmo TLMC II, em comparação com o algoritmo TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010] sem modificações.

- Reduzir, em torno de 10%, o tempo total de processamento, em comparação com a técnica TLC [Epshtein, Ofek e Wexler 2010];

Em continuidade à pesquisa, propõe-se elaborar um algoritmo para reconhecimento óptico (OCR), que despreze todas as partes da imagem final que não sejam semelhantes a caracteres numéricos. Esta proposta se torna um desafio visto algumas dificuldades iniciais, por exemplo, em imagens que contenham mais de uma tarja numérica, deverá o OCR saber onde termina uma tarja e onde começa outra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Ben-Ami, Basha e Avidan 2012]BEN-AMI, I.; BASHA, T.; AVIDAN, S. Racing bib numbers recognition. In: *BMVC*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 19.1–19.10.
- [Breiman 1999]BREIMAN, L. Random forests–random features, statistics department. *University of California, Berkeley, Technical Report*, v. 567, 1999.
- [Canny 1986]CANNY, J. A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, Ieee, n. 6, p. 679–698, 1986.
- [Epshtein, Ofek e Wexler 2010]EPSHTEIN, B.; OFEK, E.; WEXLER, Y. Detecting text in natural scenes with stroke width transform. In: IEEE. *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on*. [S.l.], 2010. p. 2963–2970.
- [Gonzalez, Woods et al. 2002]GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. et al. *Digital image processing*. [S.l.]: Prentice hall Upper Saddle River, NJ, 2002.
- [Jesus e Borges 2018]JESUS, W. M. de; BORGES, D. L. An improved stroke width transform to detect race bib numbers. In: SPRINGER. *Mexican Conference on Pattern Recognition*. [S.l.], 2018. p. 267–276.
- [Jung, Liu e Kim 2009]JUNG, C.; LIU, Q.; KIM, J. A stroke filter and its application to text localization. v. 30, p. 114–122, 01 2009.
- [Jung, Kim e Jain 2004]JUNG, K.; KIM, K. I.; JAIN, A. K. Text information extraction in images and video: a survey. *Pattern recognition*, Elsevier, v. 37, n. 5, p. 977–997, 2004.
- [Koschan e Abidi 2008]KOSCHAN, A.; ABIDI, M. *Digital color image processing*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.
- [Lucas 2005]LUCAS, S. M. Icdar 2005 text locating competition results. In: IEEE. *Document Analysis and Recognition, 2005. Proceedings. Eighth International Conference on*. [S.l.], 2005. p. 80–84.
- [Mosleh, Bouguila e Hamza 2012]MOSLEH, A.; BOUGUILA, N.; HAMZA, A. B. Image text detection using a bandlet-based edge detector and stroke width transform. In: *BMVC*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–12.

- [Paul et al. 2015]PAUL, S. et al. Text localization in camera captured images using adaptive stroke filter. In: *Information Systems Design and Intelligent Applications*. [S.l.]: Springer, 2015. p. 217–225.
- [Smith 2007]SMITH, R. An overview of the tesseract ocr engine. In: IEEE. *Document Analysis and Recognition, 2007. ICDAR 2007. Ninth International Conference on*. [S.l.], 2007. v. 2, p. 629–633.
- [Yao et al. 2012]YAO, C. et al. Detecting texts of arbitrary orientations in natural images. In: IEEE. *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on*. [S.l.], 2012. p. 1083–1090.

ANEXOS

I. ANEXO 01 - IMAGENS UTILIZADAS

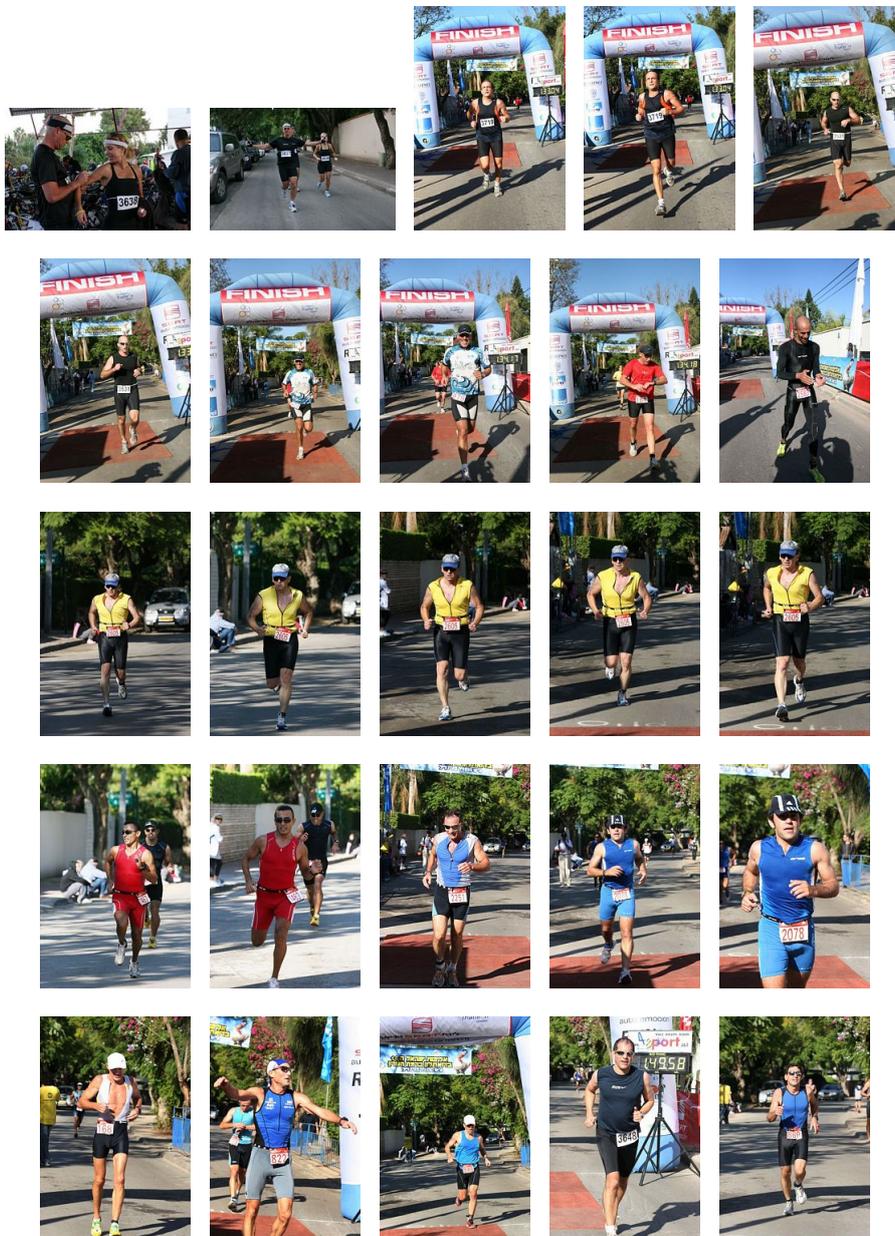


Figura I.1: Conjunto1 - imagens 01 a 25

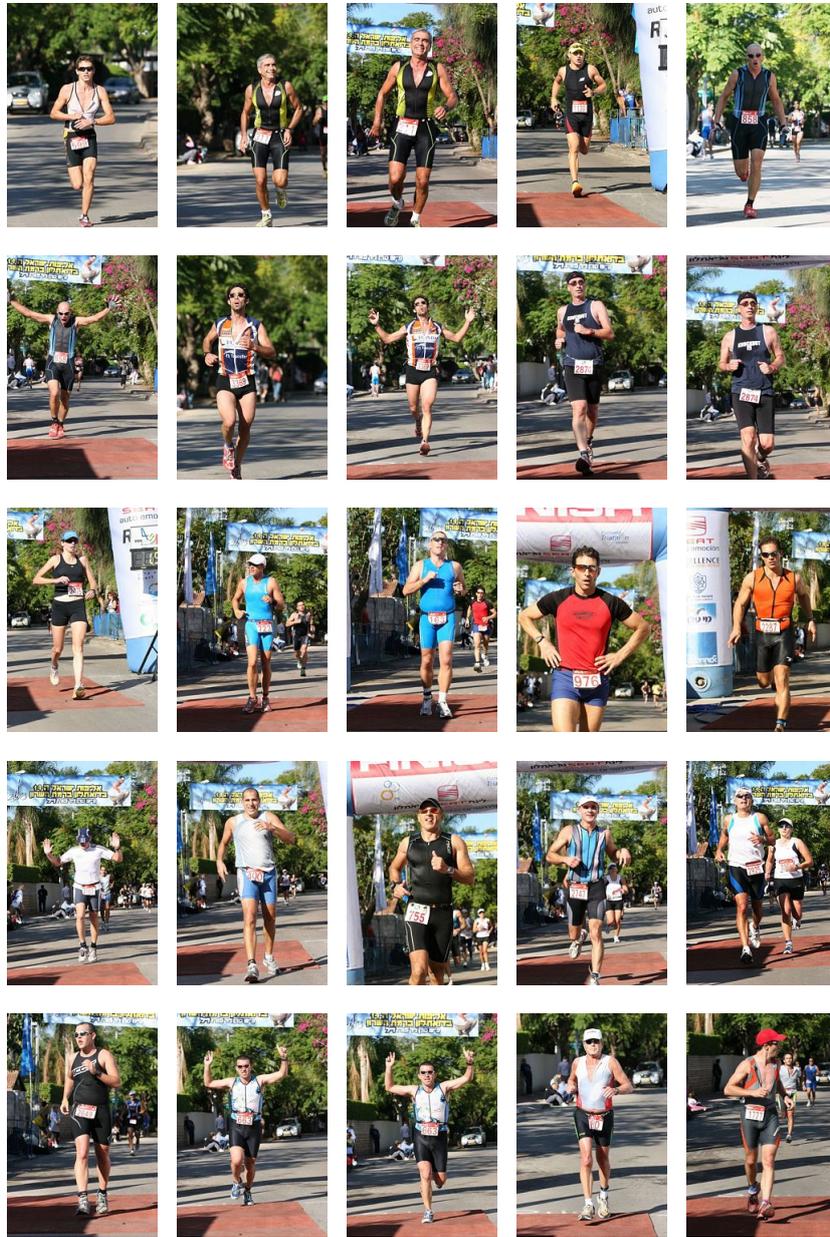


Figura I.2: Conjunto1 - imagens 26 a 50

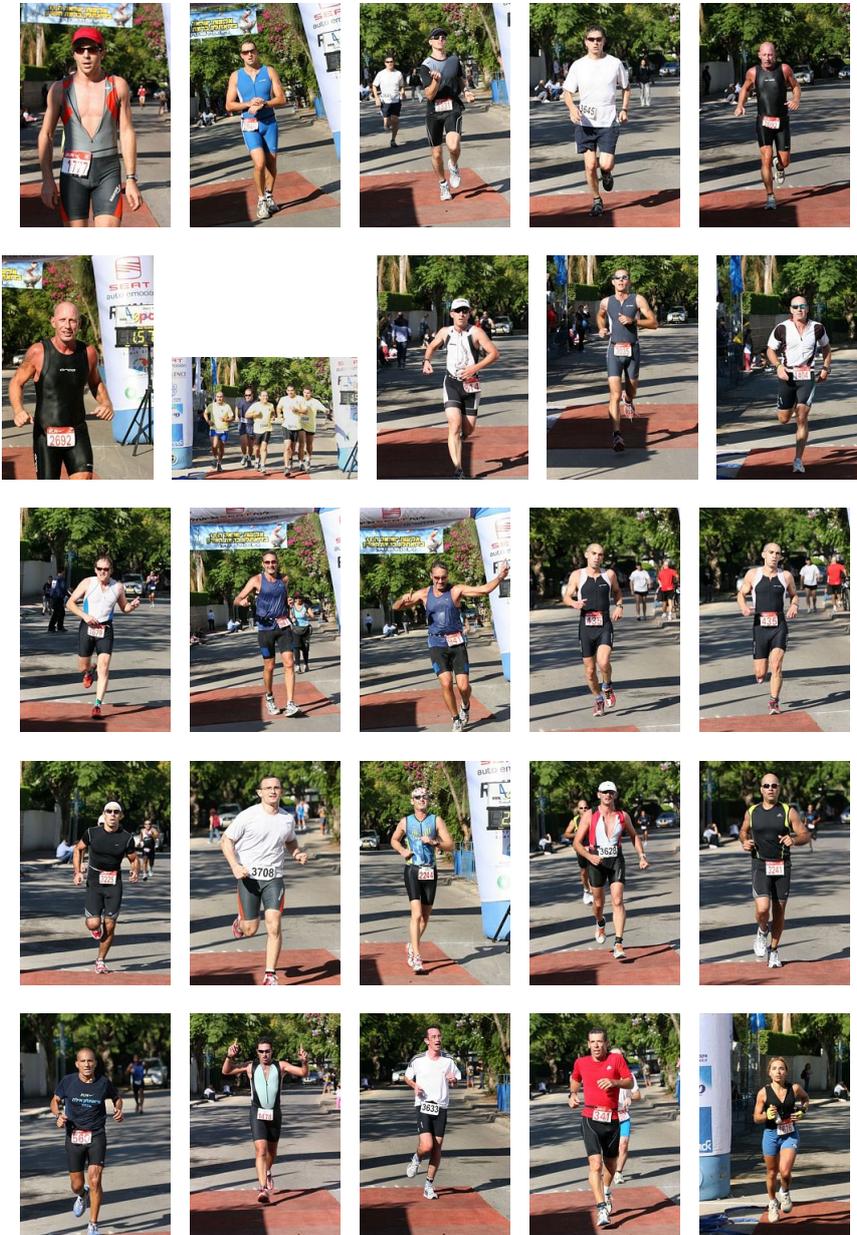


Figura I.3: Conjunto1 - imagens 51 a 75



Figura I.4: Conjunto1 - imagens 76 a 92

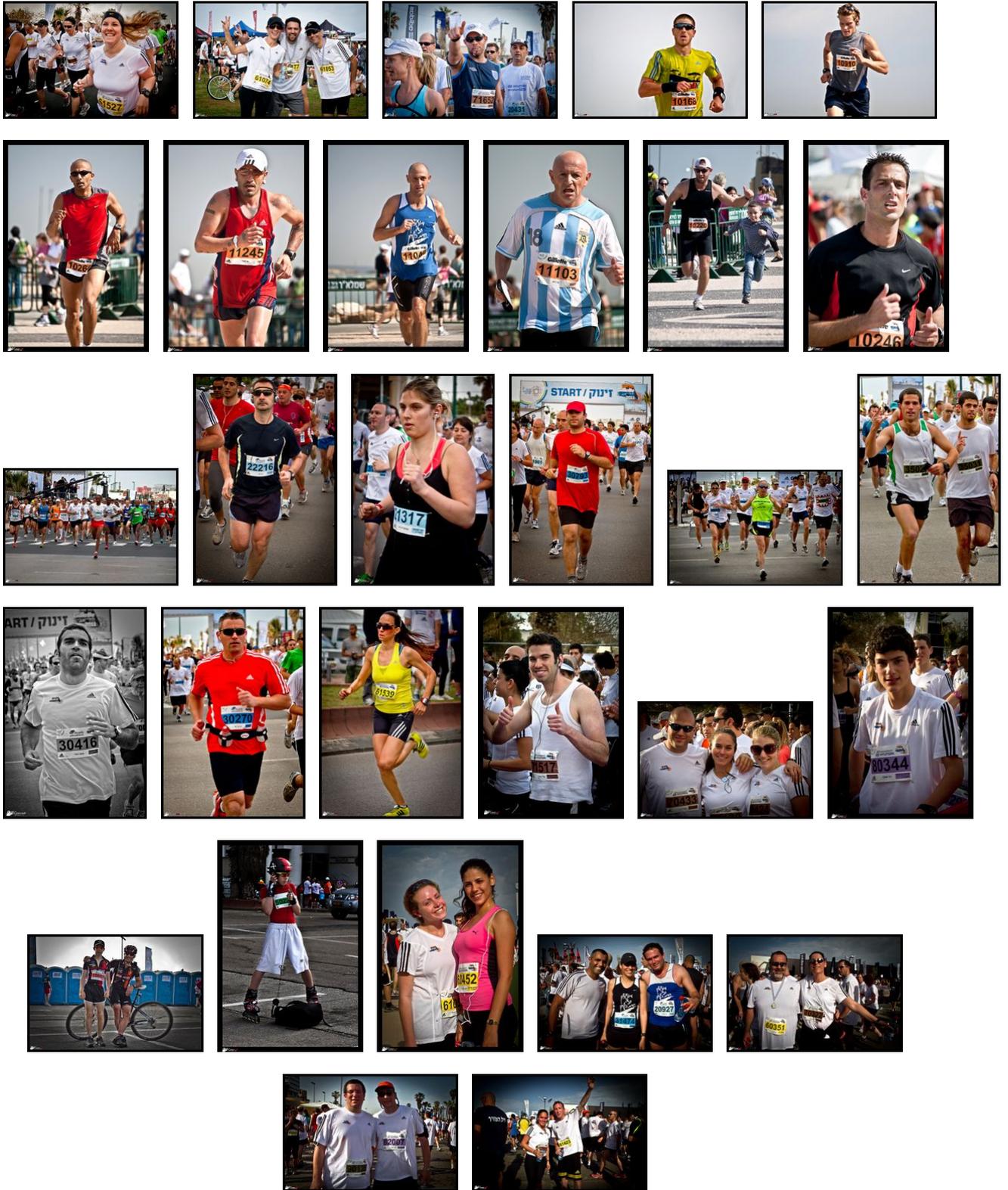


Figura I.5: Conjunto2 - imagens 01 a 30

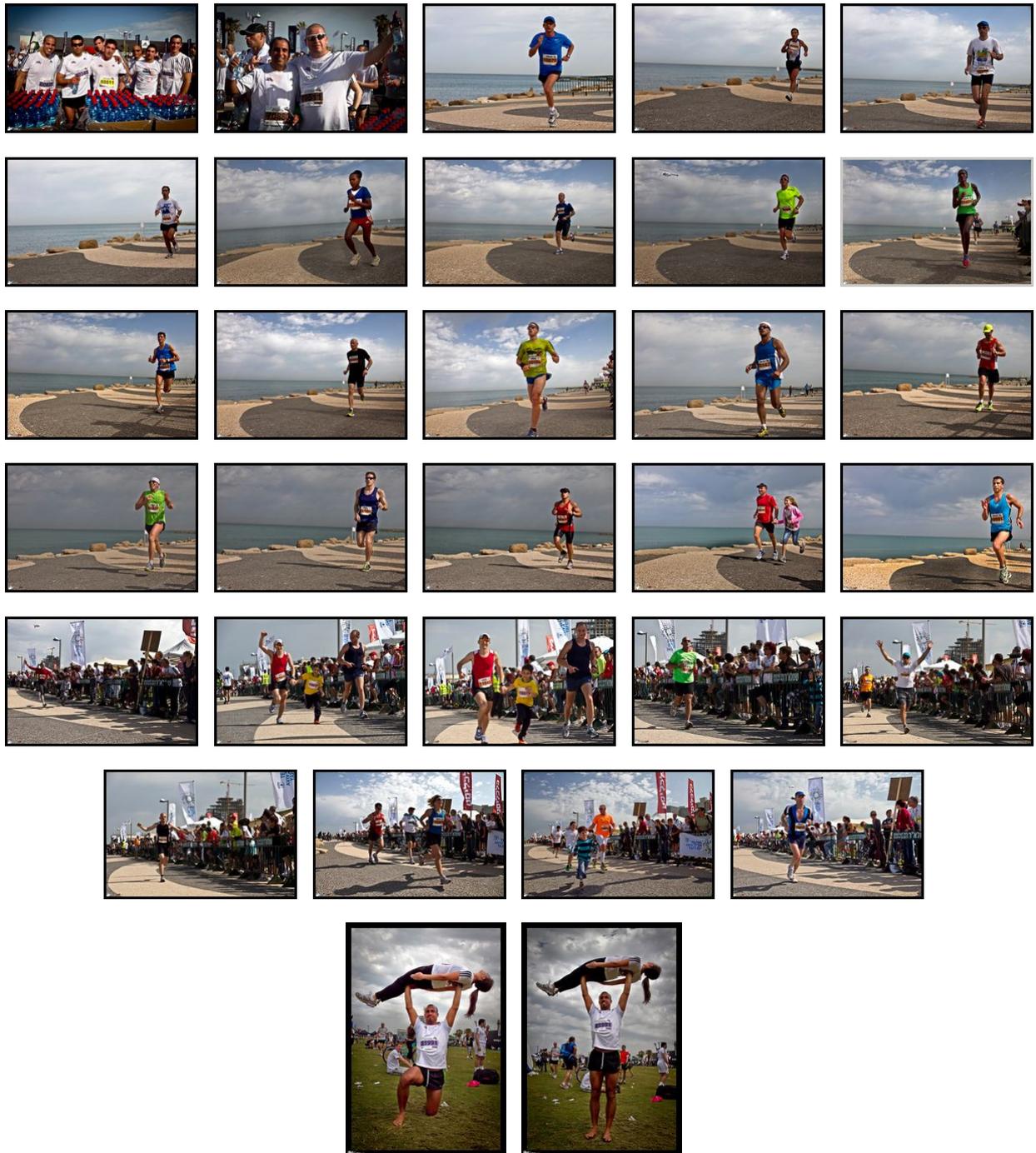


Figura I.6: Conjunto2 - imagens 31 a 61



Figura I.7: Conjunto2 - imagens 62 a 67



Figura I.8: Conjunto3 - imagens 01 a 12



Figura I.9: Conjunto3 - imagens 13 a 28



Figura I.10: Conjunto3 - imagens 29 a 44



Figura I.11: Conjunto3 - imagens 45 a 58

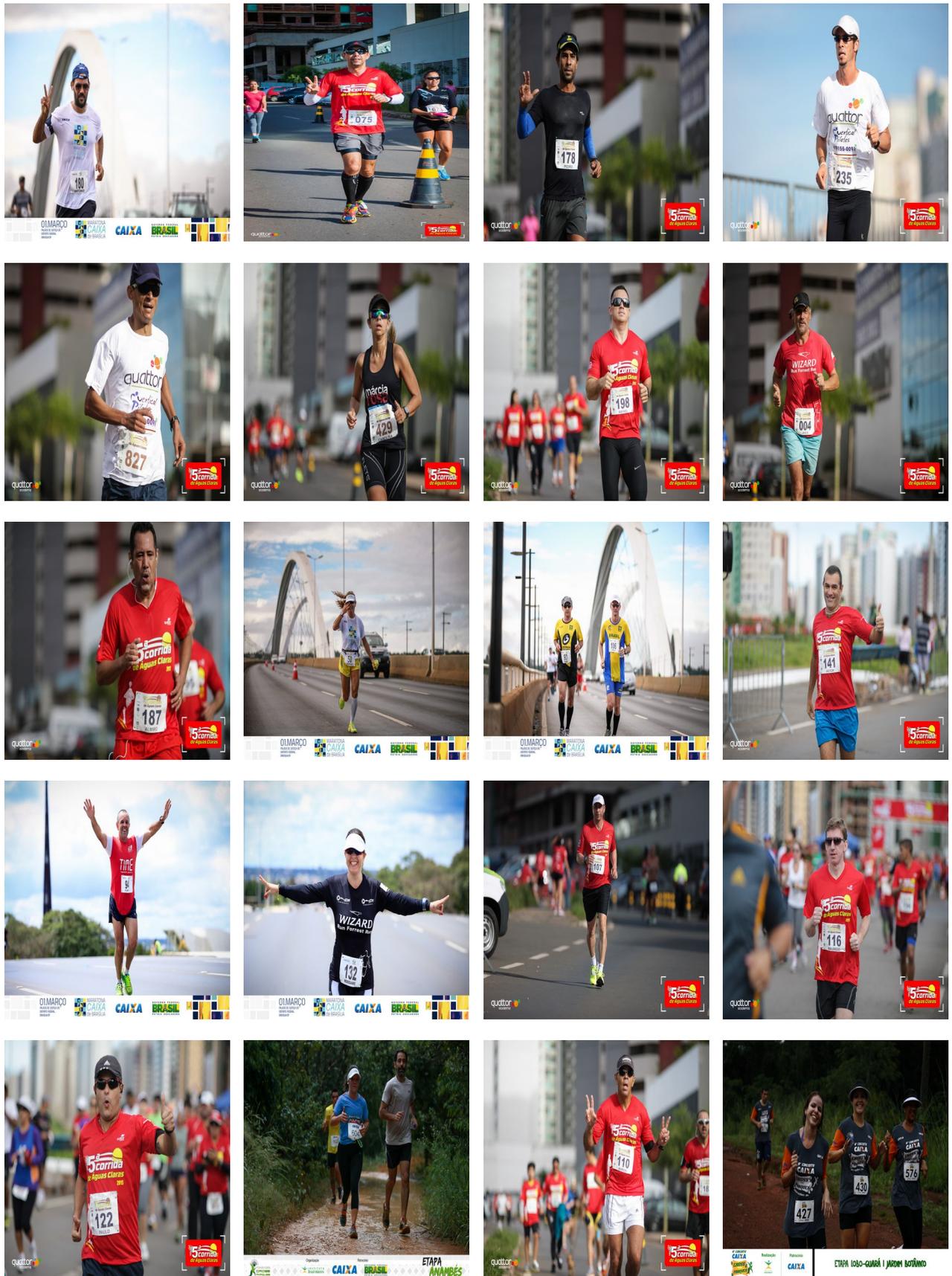


Figura I.12: Conjunto4 - imagens 1 a 20

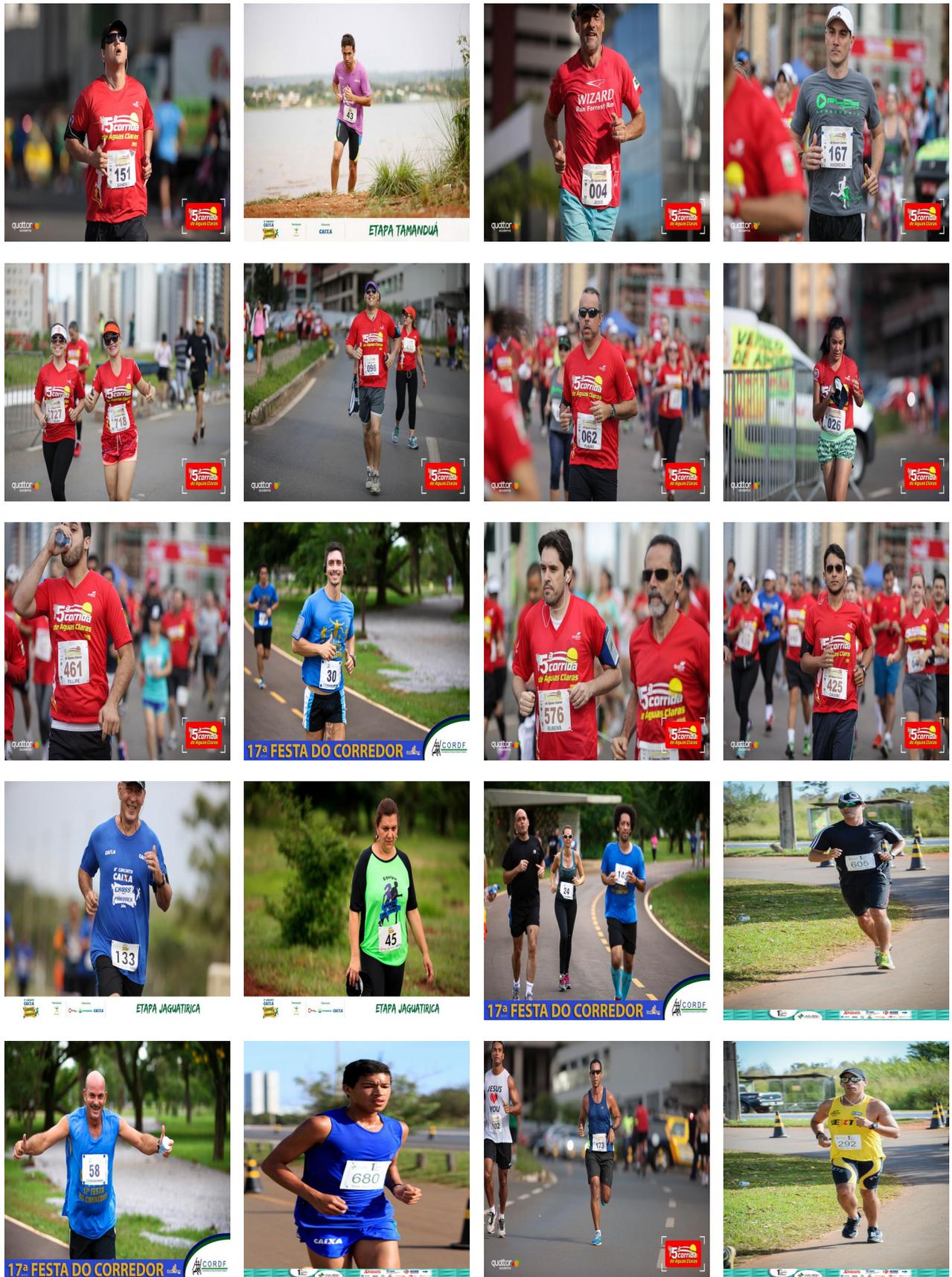


Figura I.13: Conjunto4 - imagens 21 a 44

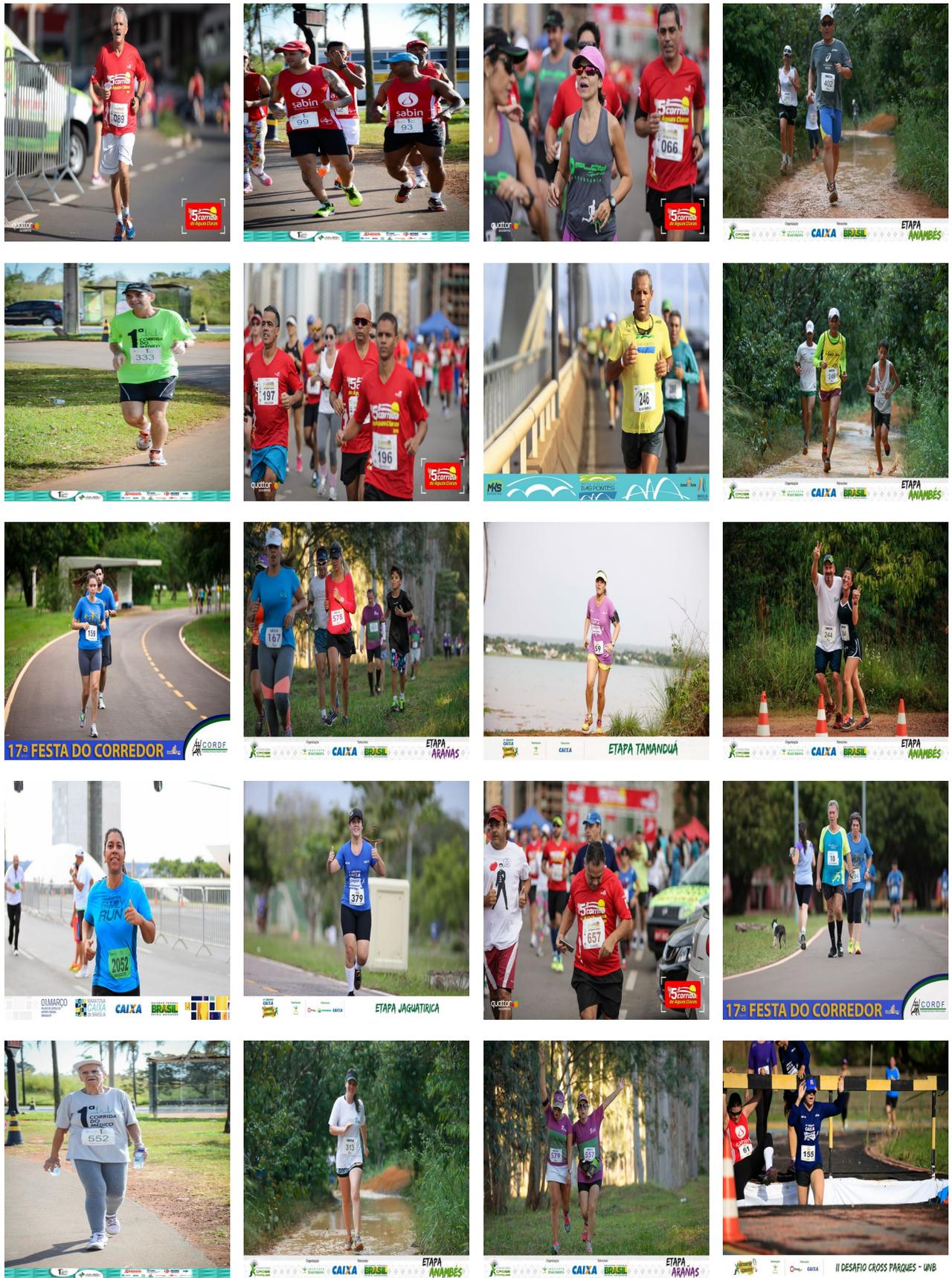


Figura I.14: Conjunto4 - imagens 41 a 60

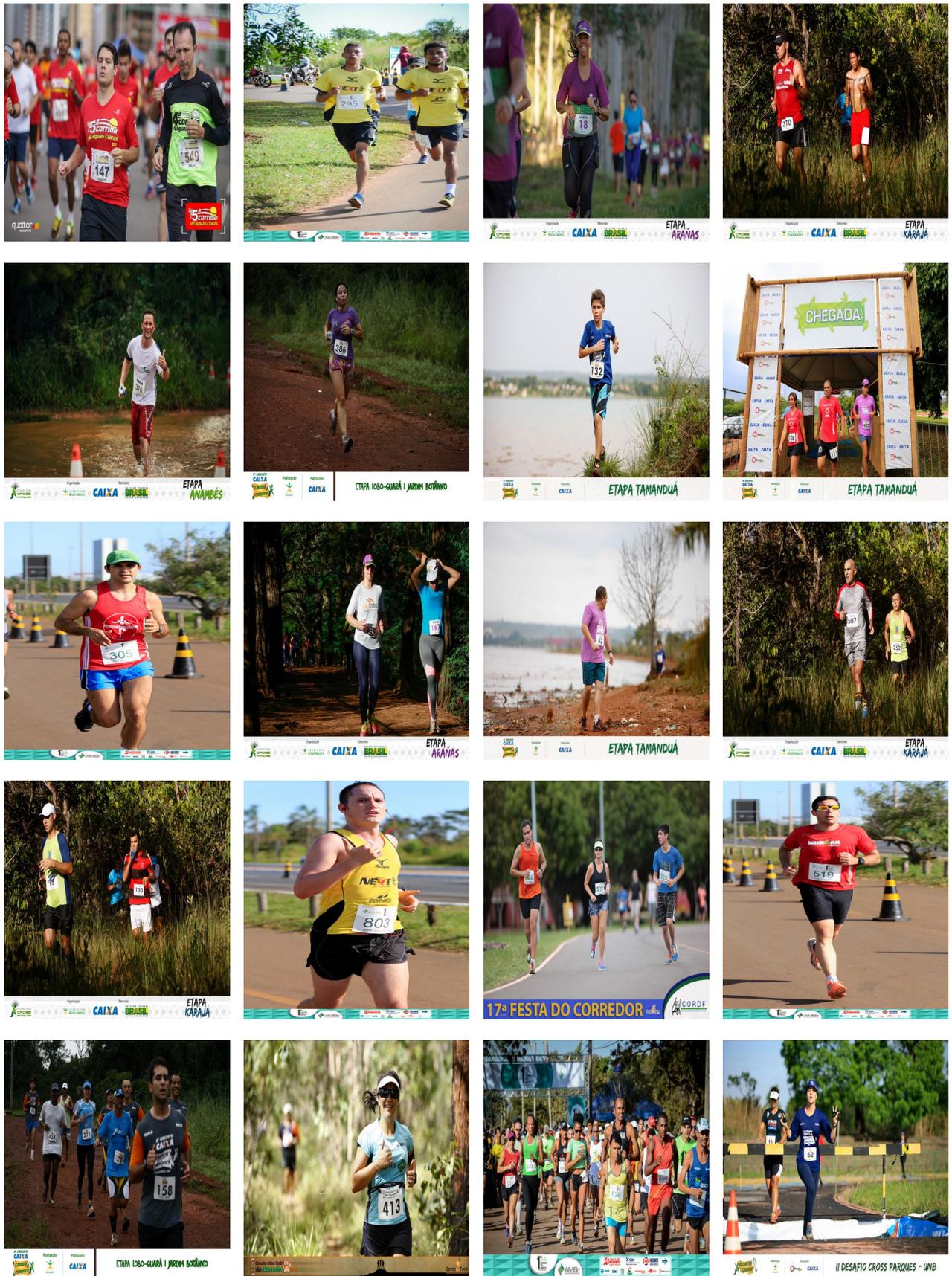


Figura I.15: Conjunto4 - imagens 61 a 80

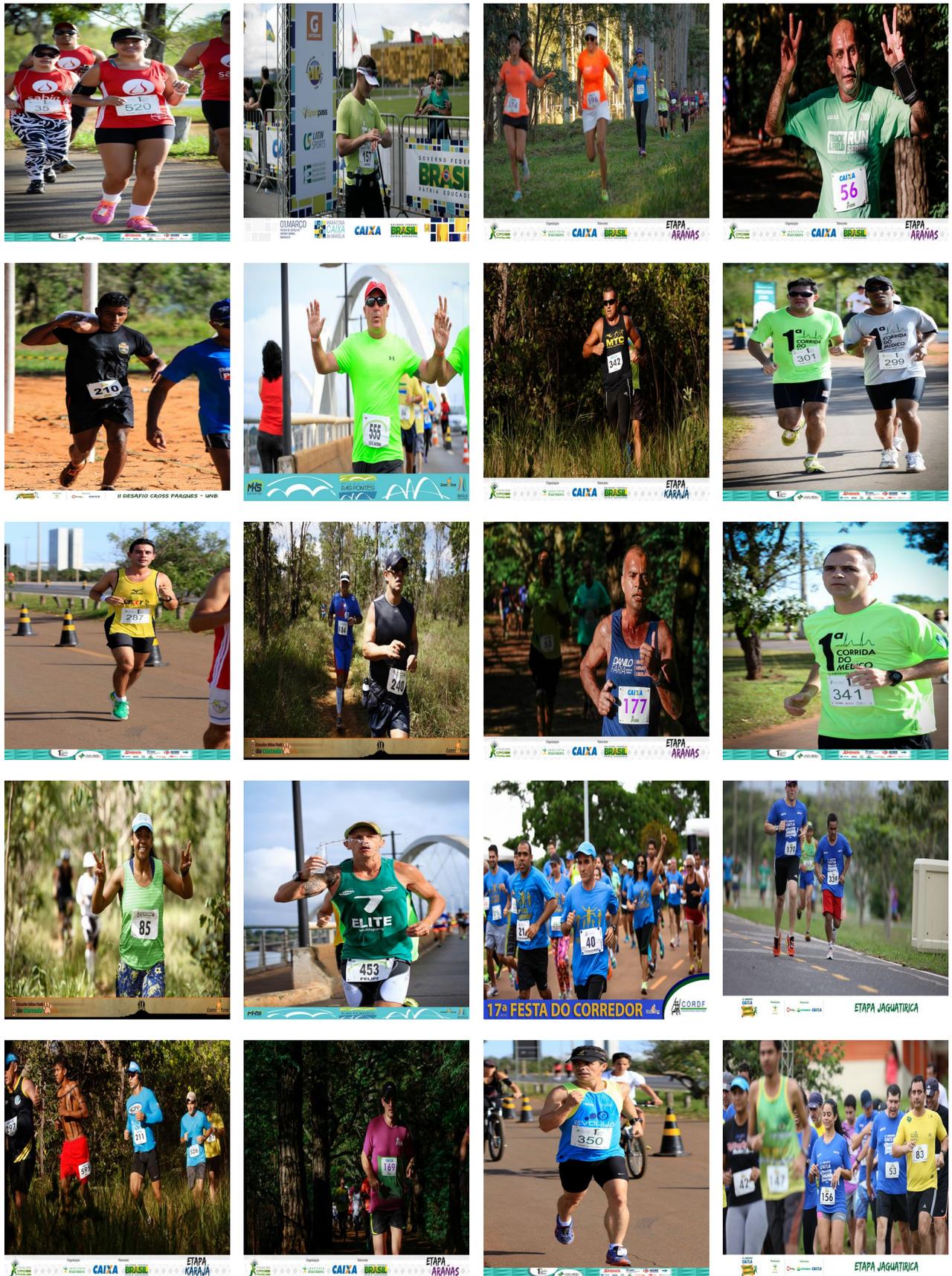


Figura I.16: Conjunto4 - imagens 81 a 100

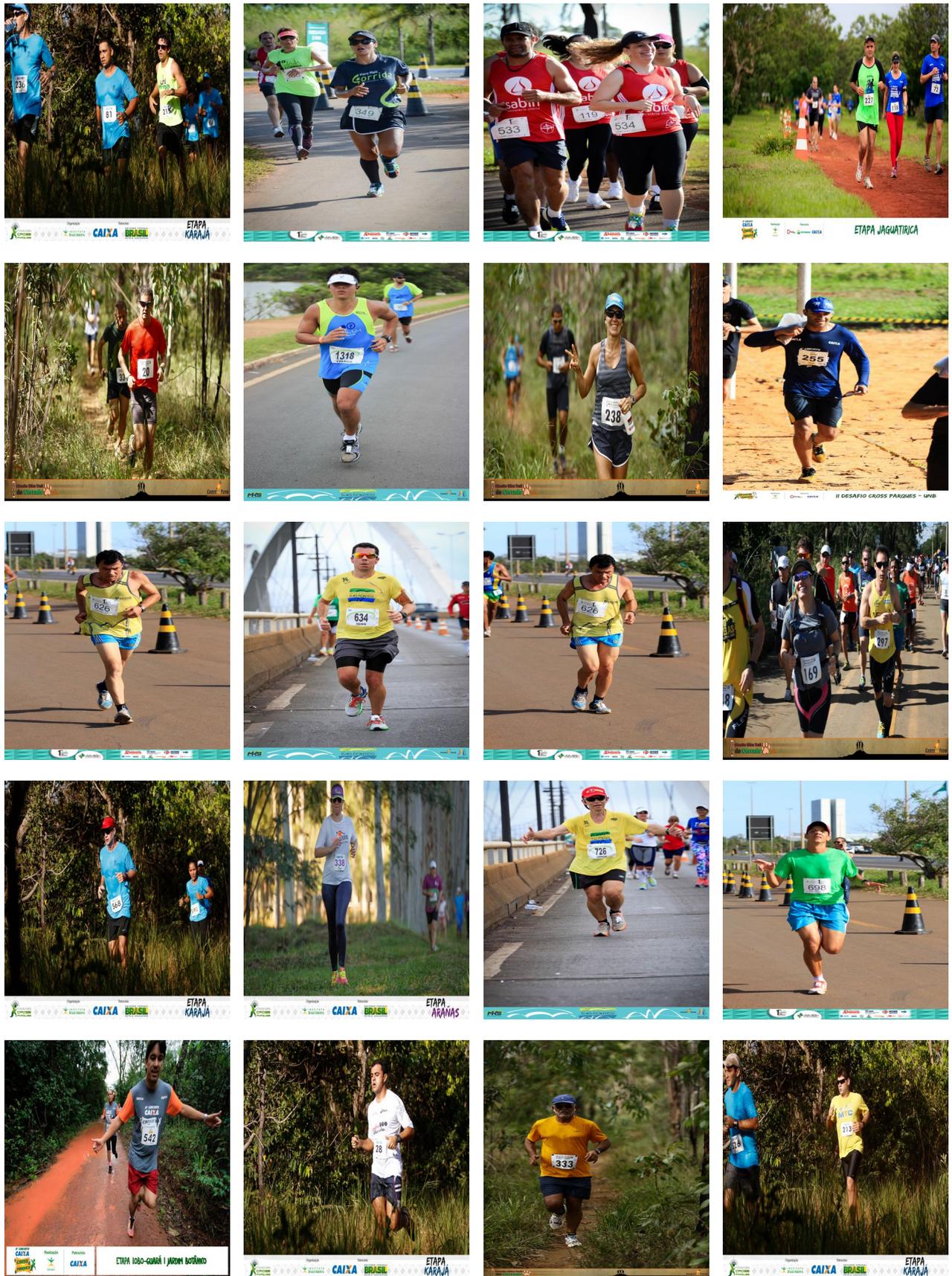


Figura I.17: Conjunto4 - imagens 101 a 120

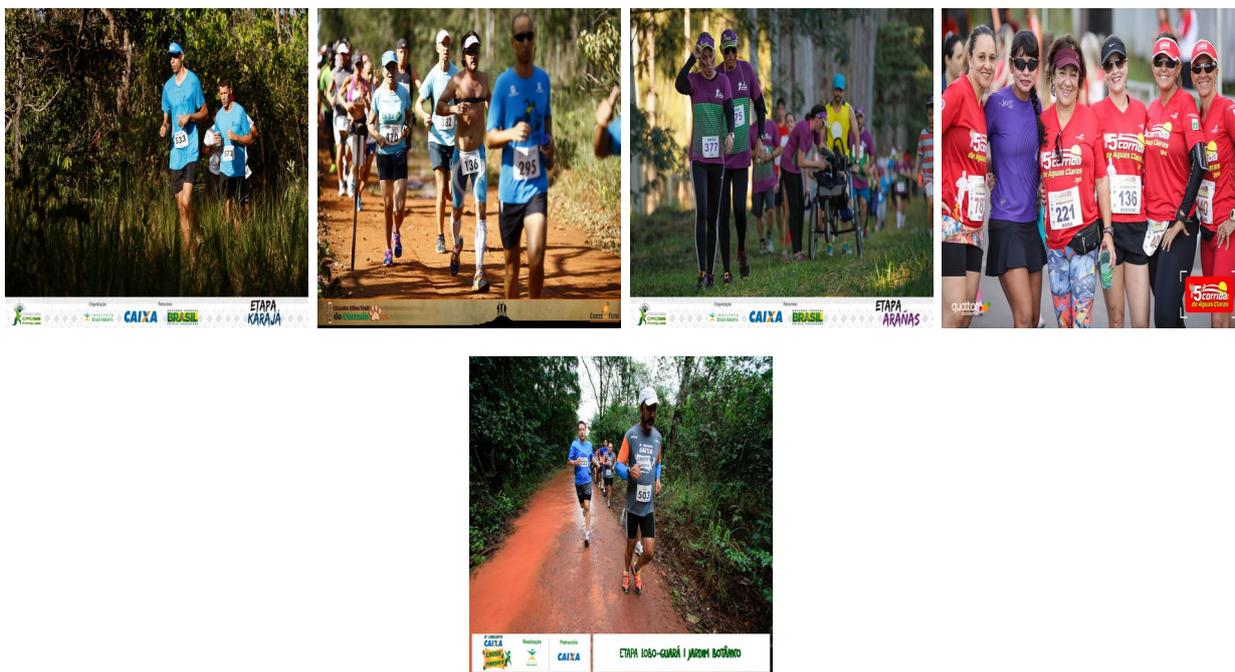


Figura I.18: Conjunto4 - imagens 121 a 125

**II. ANEXO 02 - PLANILHA CONTENDO A
ROTULAÇÃO DAS TARJAS DAS IMAGENS DO
CONJUNTO1**

Rótulos das Imagens do Conjunto1													
Ordem	Imagens	Tarjas numéricas	Números que compõe as tarjas										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T o t a l
1	set1_01.JPG	3638				2			1		1		4
2	set1_02.JPG	3637				2			1	1			4
3	set1_02.JPG	3638				2			1		1		4
4	set1_03.JPG	3719		1		1				1		1	4
5	set1_04.JPG	3719		1		1				1		1	4
6	set1_05.JPG	3531		1		2		1					4
7	set1_06.JPG	3531		1		2		1					4
8	set1_07.JPG	979								1		2	3
9	set1_08.JPG	979								1		2	3
10	set1_09.JPG	184		1			1				1		3
11	set1_10.JPG	2583			1	1		1			1		4
12	set1_11.JPG	2605	1		1			1	1				4
13	set1_12.JPG	2605	1		1			1	1				4
14	set1_13.JPG	2605	1		1			1	1				4
15	set1_14.JPG	2605	1		1			1	1				4
16	set1_15.JPG	2605	1		1			1	1				4
17	set1_16.JPG	1463		1		1	1		1				4
18	set1_17.JPG	1463		1		1	1		1				4
19	set1_18.JPG	2251		1	2			1					4
20	set1_19.JPG	2078	1		1					1	1		4
21	set1_20.JPG	2078	1		1					1	1		4
22	set1_21.JPG	168		1					1		1		3
23	set1_22.JPG	822			2						1		3
24	set1_23.JPG	898									2	1	3
25	set1_24.JPG	3648				1	1		1		1		4
26	set1_25.JPG	869							1		1	1	3
27	set1_26.JPG	599						1				2	3
28	set1_27.JPG	311			2	1							3
29	set1_28.JPG	311			2	1							3
30	set1_29.JPG	1130	1	2		1							4
31	set1_30.JPG	858						1			2		3
32	set1_31.JPG	858						1			2		3
33	set1_32.JPG	3369				2			1			1	4

34	set1_33.JPG	3369			2			1			1	4	
35	set1_34.JPG	2874			1		1			1	1	4	
36	set1_35.JPG	2874			1		1			1	1	4	
37	set1_36.JPG	2475			1		1	1		1		4	
38	set1_37.JPG	723			1	1				1		3	
39	set1_38.JPG	163		1		1				1		3	
40	set1_39.JPG	976								1	1	1	3
41	set1_40.JPG	2287			2					1	1		4
42	set1_41.JPG	2103	1	1	1	1							4
43	set1_42.JPG	400	2				1						3
44	set1_43.JPG	755						2		1			3
45	set1_44.JPG	2747			1		1			2			4
46	set1_45.JPG	2925			2			1				1	4
47	set1_46.JPG	2649			1		1			1		1	4
48	set1_47.JPG	663				1				2			3
49	set1_48.JPG	663				1				2			3
50	set1_49.JPG	80	1								1		2
51	set1_50.JPG	1777		1							3		4
52	set1_51.JPG	1777		1							3		4
53	set1_52.JPG	2845			1		1	1			1		4
54	set1_53.JPG	3331		1		3							4
55	set1_54.JPG	3645				1	1	1	1				4
56	set1_55.JPG	2692			2					1		1	4
57	set1_56.JPG	2692			2					1		1	4
58	set1_57.JPG	3523			1	2		1					4
59	set1_57.JPG	3521		1	1	1		1					4
60	set1_57.JPG	3548				1	1	1			1		4
61	set1_57.JPG	3614		1		1	1			1			4
62	set1_57.JPG	3588				1		1			2		4
63	set1_58.JPG	814		1			1				1		3
64	set1_59.JPG	3035	1			2		1					4
65	set1_60.JPG	1404	1	1			2						4
66	set1_61.JPG	1679		1						1	1	1	4
67	set1_62.JPG	941		1			1					1	3
68	set1_63.JPG	941		1			1					1	3
69	set1_64.JPG	435				1	1	1					3
70	set1_65.JPG	435				1	1	1					3

95	set1_84.JPG	48					1			1		2
96	set1_85.JPG	690	1					1			1	3
97	set1_86.JPG	478					1		1	1		3
98	set1_87.JPG	1442		1	1		2					4
99	set1_88.JPG	1442		1	1		2					4
100	set1_89.JPG	1703	1	1		1				1		4
101	set1_90.JPG	2908	1		1						1	4
102	set1_91.JPG	3637			2				1	1		4
103	set1_92.JPG	3276			1	1			1	1		4
											373	

**III. ANEXO 03 - PLANILHA CONTENDO A
ROTULAÇÃO DAS TARJAS DAS IMAGENS DO
CONJUNTO2**

Rotulação das Imagens do Conjunto2													
Ordem	Imagens	Tarjas numéricas	Números que compõe as tarjas										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T o t a l
1	set2_01.JPG	61527		1	1			1	1	1			5
2	set2_02.JPG	61074	1	1			1		1	1			5
3	set2_02.JPG	61053	1	1		1		1	1				5
4	set2_03.JPG	71652		1	1			1	1	1			5
5	set2_03.JPG	20431	1	1	1	1	1						5
6	set2_04.JPG	10168	1	2					1		1		5
7	set2_05.JPG	10910	2	2								1	5
8	set2_06.JPG	1026	1	1	1				1				4
9	set2_07.JPG	11245		2	1		1	1					5
10	set2_08.JPG	11040	2	2			1						5
11	set2_09.JPG	11103	1	3		1							5
12	set2_10.JPG	10220	2	1	2								5
13	set2_11.JPG	10246	1	1	1		1		1				5
14	set2_12.JPG	2001	2	1	1								4
15	set2_13.JPG	22216		1	3				1				5
16	set2_14.JPG	21317		2	1	1				1			5
17	set2_15.JPG	30793	1			2				1		1	5
18	set2_16.JPG	30513	1	1		2		1					5
19	set2_16.JPG	31577		1		1		1		2			5
20	set2_16.JPG	31827		1	1	1				1	1		5
21	set2_17.JPG	35031	1	1		2		1					5
22	set2_17.JPG	3502	1		1	1		1					4
23	set2_18.JPG	30416	1	1		1	1		1				5
24	set2_19.JPG	30270	2		1	1				1			5
25	set2_20.JPG	61539		1		1		1	1			1	5
26	set2_21.JPG	71517		2				1		2			5
27	set2_22.JPG	70433	1			2	1			1			5
28	set2_23.JPG	80344	1			1	2				1		5
29	set2_24.JPG	15657		1				2	1	1			5
30	set2_25.JPG	5022	1		2			1					4

31	set2_26.JPG	60452	1		1		1	1	1			5
32	set2_27.JPG	31474		1		1	2			1		5
33	set2_27.JPG	20927	1		2					1	1	5
34	set2_28.JPG	60351	1	1		1		1	1			5
35	set2_28.JPG	70322	1		2	1				1		5
36	set2_29.JPG	90135	1	1		1		1			1	5
37	set2_29.JPG	82007	2		1					1	1	5
38	set2_30.JPG	61423		1	1	1	1		1			5
39	set2_31.JPG	80635	1			1		1	1		1	5
40	set2_31.JPG	80340	2			1	1				1	5
41	set2_31.JPG	60511	1	2				1	1			5
42	set2_31.JPG	80453	1			1	1	1			1	5
43	set2_32.JPG	70880	2							1	2	5
44	set2_32.JPG	70511	1	2				1		1		5
45	set2_33.JPG	10679	1	1					1	1		5
46	set2_34.JPG	10165	1	2				1	1			5
47	set2_35.JPG	10933	1	1		2					1	5
48	set2_36.JPG	10190	2	2							1	5
49	set2_37.JPG	114		2			1					3
50	set2_38.JPG	10181	1	3							1	5
51	set2_39.JPG	10988	1	1							2	5
52	set2_40.JPG	11459		2			1	1			1	5
53	set2_41.JPG	10175	1	2				1		1		5
54	set2_42.JPG	10191	1	3							1	5
55	set2_43.JPG	10168	1	2					1		1	5
56	set2_44.JPG	11142		3	1		1					5
57	set2_45.JPG	10144	1	2			2					5
58	set2_46.JPG	10227	1	1	2					1		5
59	set2_47.JPG	10159	1	2				1			1	5
60	set2_48.JPG	10171	1	3						1		5

61	set2_49.JPG	10216	1	2	1				1			5
62	set2_50.JPG	0891	1	1						1	1	4
63	set2_51.JPG	11191		4							1	5
64	set2_52.JPG	10145	1	2			1	1				5
65	set2_52.JPG	19078	1	1					1	1	1	5
66	set2_53.JPG	10145	1	2			1	1				5
67	set2_53.JPG	19078	1	1					1	1	1	5
68	set2_54.JPG	10780	2	1					1	1		5
69	set2_55.JPG	10240	2	1	1		1					5
70	set2_55.JPG	11050	2	2				1				5
71	set2_56.JPG	10274	1	1	1		1			1		5
72	set2_57.JPG	10431	1	2		1	1					5
73	set2_57.JPG	10265	1	1	1			1	1			5
74	set2_58.JPG	10633	1	1		2			1			5
75	set2_59.JPG	10991	1		2						2	5
76	set2_60.JPG	81991		2						1	2	5
77	set2_61.JPG	81991		2						1	2	5
78	set2_62.JPG	10928	1	1	1					1	1	5
79	set2_62.JPG	11110	1	4								5
80	set2_62.JPG	10534	1	1		1	1	1				5
81	set2_62.JPG	11187				3				1	1	5
82	set2_63.JPG	10330	2	1		2						5
83	set2_63.JPG	10691	1	2					1		1	5
84	set2_63.JPG	10739	1	1		1				1	1	5
85	set2_64.JPG	11453		2		1	1	1				5
86	set2_65.JPG	11453		2		1	1	1				5
87	set2_66.JPG	11454		2			2	1				5
88	set2_67.JPG	10012		2	2	1						5
												433

**IV. ANEXO 04 - PLANILHA CONTENDO A
ROTULAÇÃO DAS TARJAS DAS IMAGENS DO
CONJUNTO3**

Rotulação das Imagens do Conjunto3													
Ordem	Imagens	Tarjas numéricas	Números que compõe as tarjas										T o t a l
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	set3_01.JPG	4345				1	2	1					4
2	set3_01.JPG	4454					3	1					4
3	set3_01.JPG	3778				1				2	1		4
4	set3_01.JPG	4407	1				2			1			4
5	set3_02.JPG	2073	1		1	1				1			4
6	set3_02.JPG	775						1	2				3
7	set3_02.JPG	2320	1		2	1							4
8	set3_02.JPG	3632			1	2			1				4
9	set3_02.JPG	3855				1		2			1		4
10	set3_02.JPG	3236			1	2			1				4
11	set3_02.JPG	3482			1	1	1				1		4
12	set3_03.JPG	775						1		2			3
13	set3_03.JPG	3594				1	1	1				1	4
14	set3_03.JPG	3855				1		2			1		4
15	set3_03.JPG	3482			1	1	1				1		4
16	set3_03.JPG	1518		2				1			1		4
17	set3_03.JPG	3764				1	1		1	1			4
18	set3_04.JPG	1611		3					1				4
19	set3_04.JPG	1251		2	1			1					4
20	set3_04.JPG	3555				1		3					4
21	set3_04.JPG	719		1						1		1	3
22	set3_04.JPG	2254			2		1	1					4
23	set3_04.JPG	2524			2		1	1					4
24	set3_04.JPG	4380	1			1	1				1		4
25	set3_04.JPG	248			1		1				1		3
26	set3_05.JPG	3594				1	1	1				1	4
27	set3_05.JPG	3855				1		2			1		4
28	set3_05.JPG	3482			1	1	1				1		4
29	set3_05.JPG	1		1									1
30	set3_06.JPG	2973			1	1				1		1	4
31	set3_07.JPG	1518		2				1			1		4
32	set3_08.JPG	3631		1		2			1				4
33	set3_08.JPG	1164		2			1		1				4
34	set3_09.JPG	2830	1		1	1					1		4
35	set3_10.JPG	1414		2			2						4
36	set3_10.JPG	729			1					1		1	3
37	set3_11.JPG	1495		1			1	1				1	4
38	set3_12.JPG	2121		2	2								4
39	set3_12.JPG	4242			2		2						4
40	set3_12.JPG	3122	66	1	2	1							4

41	set3_13.JPG	3250	1		1	1		1					4
42	set3_13.JPG	1718		2						1	1		4
43	set3_13.JPG	1962		1	1				1			1	4
44	set3_13.JPG	1419		2			1					1	4
45	set3_14.JPG	1841		2			1				1		4
46	set3_14.JPG	235			1	1		1					3
47	set3_15.JPG	2091	1	1	1							1	4
48	set3_15.JPG	3608	1			1			1		1		4
49	set3_15.JPG	3352			1	2		1					4
50	set3_16.JPG	2446			1		2		1				4
51	set3_16.JPG	3478				1	1			1	1		4
52	set3_16.JPG	4009	2				1					1	4
53	set3_16.JPG	3919		1		1						2	4
54	set3_16.JPG	2857			1			1		1	1		4
55	set3_16.JPG	4310	1	1		1	1						4
56	set3_17.JPG	949					1					2	3
57	set3_17.JPG	3959				1		1				2	4
58	set3_17.JPG	3515		1		1		2					4
59	set3_17.JPG	4178		1			1			1	1		4
60	set3_18.JPG	2404	1		1		2						4
61	set3_19.JPG	3466				1	1		2				4
62	set3_20.JPG	3375				2		1		1			4
63	set3_21.JPG	3552			1	1		2					4
64	set3_21.JPG	818		1							2		3
65	set3_21.JPG	3054	1			1	1	1					4
66	set3_21.JPG	1000	3	1									4
67	set3_22.JPG	3054	1			1	1	1					4
68	set3_22.JPG	2881		1	1						2		4
69	set3_22.JPG	1581		2				1			1		4
70	set3_22.JPG	1307	1	1		1				1			4
71	set3_23.JPG	139		1		1						1	3
72	set3_23.JPG	1975		1				1		1		1	4
73	set3_23.JPG	3558				1		2			1		4
74	set3_24.JPG	1454		1			2	1					4
75	set3_25.JPG	3558				1		2			1		4
76	set3_25.JPG	2377			1	1				2			4
77	set3_25.JPG	3717		1		1				2			4
78	set3_25.JPG	2564			1		1	1	1				4
79	set3_26.JPG	1466		1			1		2				4
80	set3_26.JPG	2464			1		2		1				4

81	set3_26.JPG	1005	2	1				1					4
82	set3_27.JPG	4241		1	1		2						4
83	set3_28.JPG	3855				1		1			2		4
84	set3_29.JPG	4208	1		1		1				1		4
85	set3_29.JPG	526			1			1	1				3
86	set3_30.JPG	2802	1		2						1		4
87	set3_31.JPG	2551		1	1			2					4
88	set3_32.JPG	4025	1		1		1	1					4
89	set3_32.JPG	3470	1			1	1			1			4
90	set3_33.JPG	1628		1	1				1		1		4
91	set3_34.JPG	4221		1	2		1						4
92	set3_35.JPG	2327			2	1				1			4
93	set3_36.JPG	4570	1				1	1		1			4
94	set3_37.JPG	4189		1			1				1	1	4
95	set3_38.JPG	4345				1	2	1					4
96	set3_39.JPG	4649					2		1			1	4
97	set3_40.JPG	3271		1	1	1				1			4
98	set3_40.JPG	331		1		2							3
99	set3_40.JPG	4595					1	2				1	4
100	set3_41.JPG	3750	1			1		1		1			4
101	set3_42.JPG	3554				1	1	2					4
102	set3_43.JPG	2074	1		1		1			1			4
103	set3_44.JPG	3286			1	1			1		1		4
104	set3_44.JPG	3457				1	1	1		1			4
105	set3_45.JPG	1859		1				1			1	1	4
106	set3_45.JPG	3671		1		1			1	1			4
107	set3_46.JPG	376				1			1	1			3
108	set3_46.JPG	2167		1	1				1	1			4
109	set3_47.JPG	3355				2		2					4
110	set3_47.JPG	2552			2			2					4
111	set3_47.JPG	1777		1						3			4
112	set3_48.JPG	3298			1	1					1	1	4
113	set3_48.JPG	2648			1		1		1		1		4
114	set3_48.JPG	3860	1			1			1		1		4
115	set3_48.JPG	2481		1	1		1				1		4
116	set3_49.JPG	4606	1				1		2				4
117	set3_49.JPG	3591		1		1		1				1	4
118	set3_49.JPG	858						1			2		3
119	set3_50.JPG	858						1			2		3
120	set3_50.JPG	337				2				1			3

121	set3_50.JPG	4173		1		1	1			1			4
122	set3_51.JPG	4333				3	1						4
123	set3_51.JPG	4346				1	2		1				4
124	set3_52.JPG	1055	1	1				2					4
125	set3_52.JPG	3555				1		3					4
126	set3_52.JPG	1666		1					3				4
127	set3_52.JPG	3849				1	1				1	1	4
128	set3_52.JPG	3917		1		1				1		1	4
129	set3_53.JPG	198		1							1	1	3
130	set3_53.JPG	753				1		1		1			3
131	set3_54.JPG	3783				2				1	1		4
132	set3_54.JPG	4622			2		1		1				4
133	set3_54.JPG	935				1		1				1	3
134	set3_54.JPG	723			1	1				1			3
135	set3_54.JPG	3025	1		1	1		1					4
136	set3_55.JPG	2331		1	1	2							4
137	set3_55.JPG	4624			1		2		1				4
138	set3_56.JPG	520	1		1			1					3
139	set3_56.JPG	2244			2		2						4
140	set3_56.JPG	1334		1		2	1						4
141	set3_57.JPG	973				1				1		1	3
142	set3_57.JPG	4183		1		1	1				1		4
143	set3_58.JPG	1880	1	1							2		4
144	set3_58.JPG	2813		1	1	1					1		4
145	set3_58.JPG	3731		1		2				1			4
146	set3_58.JPG	4207	1		1		1			1			4
147	set3_58.JPG	322			2	1							3
													563

**V. ANEXO 05 - PLANILHA CONTENDO A
ROTULAÇÃO DAS TARJAS DAS IMAGENS DO
CONJUNTO4**

Rotulação das Imagens do Conjunto4														
Ordem	Imagens	Tarjas numéricas	Números que compõe as tarjas										T o t a l	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	set4_001.jpg	180	1	1								1		3
2	set4_002.jpg	075	1						1			1		3
3	set4_003.jpg	178		1							1	1		3
4	set4_004.jpg	235			1	1			1					3
5	set4_005.jpg	827			1						1	1		3
6	set4_006.jpg	429			1			1					1	3
7	set4_007.jpg	198		1								1	1	3
8	set4_008.jpg	004	2					1						3
9	set4_009.jpg	187		1							1	1		3
10	set4_010.jpg	50	1						1					2
11	set4_011.jpg	93					1						1	2
12	set4_011.jpg	106	1	1						1				3
13	set4_012.jpg	141		2				1						3
14	set4_013.jpg	94						1					1	2
15	set4_014.jpg	132		1	1	1								3
16	set4_015.jpg	107	1	1							1			3
17	set4_016.jpg	116		2						1				3
18	set4_017.jpg	122		1	2									3
19	set4_018.jpg	604	1											1
20	set4_019.jpg	110	1	2										3
21	set4_020.jpg	427			1			1			1			3
22	set4_020.jpg	430	1				1	1						3
23	set4_020.jpg	576							1	1	1			3
24	set4_021.jpg	151		2					1					3
25	set4_022.jpg	43					1	1						2
26	set4_023.jpg	004	2					1						3
27	set4_024.jpg	167		1						1	1			3
28	set4_025.jpg	727			1						2			3
29	set4_025.jpg	718		1							1	1		3
30	set4_026.jpg	098	1									1	1	3
31	set4_027.jpg	062	1		1					1				3
32	set4_028.jpg	026	1		1					1				3
33	set4_029.jpg	461		1				1		1				3
34	set4_030.jpg	30	1				1							2
35	set4_031.jpg	576							1	1	1			3

36	set4_032.jpg	425			1			1	1					3
37	set4_033.jpg	133		1		2								3
38	set4_034.jpg	45					1	1						2
39	set4_035.jpg	24			1		1							2
40	set4_035.jpg	140	1	1			1							3
41	set4_036.jpg	605	1					1	1					3
42	set4_037.jpg	58						1				1		2
43	set4_038.jpg	680	1						1			1		3
44	set4_039.jpg	102	1	1	1									3
45	set4_039.jpg	173		1		1					1			3
46	set4_040.jpg	292			2								1	3
47	set4_041.jpg	089	1									1	1	3
48	set4_042.jpg	99											2	2
49	set4_042.jpg	93				1							1	2
50	set4_043.jpg	066	1						2					3
51	set4_044.jpg	402	1		1		1							3
52	set4_045.jpg	333				3								3
53	set4_046.jpg	197		1							1		1	3
54	set4_046.jpg	196		1					1				1	3
55	set4_047.jpg	246			1		1		1					3
56	set4_048.jpg	249			1		1						1	3
57	set4_049.jpg	159		1				1					1	3
58	set4_050.jpg	167		1					1	1				3
59	set4_050.jpg	578						1		1	1			3
60	set4_051.jpg	59						1					1	2
61	set4_052.jpg	244			1		2							3
62	set4_053.jpg	2052	1		2			1						4
63	set4_054.jpg	379			1						1		1	3
64	set4_055.jpg	657						1	1	1				3
65	set4_056.jpg	10	1	1										2
66	set4_057.jpg	552			1			2						3
67	set4_058.jpg	313		1		2								3
68	set4_059.jpg	579						1		1			1	3
69	set4_059.jpg	557						2		1				3
70	set4_060.jpg	61		1					1					2

71	set4_060.jpg	155		1				2				3	
72	set4_061.jpg	147		1			1			1		3	
73	set4_061.jpg	549					1	1				1	3
74	set4_062.jpg	295			1			1				1	3
75	set4_063.jpg	18		1							1		2
76	set4_064.jpg	270	1		1					1			3
77	set4_065.jpg	370	1			1				1			3
78	set4_066.jpg	386				1			1		1		3
79	set4_067.jpg	132		1	1	1							3
80	set4_068.jpg	138		1		1					1		3
81	set4_068.jpg	111		3									3
82	set4_068.jpg	432			1	1	1						3
83	set4_069.jpg	305	1			1		1					3
84	set4_070.jpg	167		1					1	1			3
85	set4_071.jpg	62			1				1				2
86	set4_072.jpg	507	1					1		1			3
87	set4_072.jpg	252			2			1					3
88	set4_073.jpg	93				1						1	2
89	set4_073.jpg	130	1	1		1							3
90	set4_074.jpg	803	1			1					1		3
91	set4_075.jpg	272			2					1			3
92	set4_075.jpg	320	1		1	1							3
93	set4_076.jpg	519		1				1				1	3
94	set4_077.jpg	434				1	2						3
95	set4_077.jpg	371		1		1				1			3
96	set4_077.jpg	158		1				1			1		3
97	set4_078.jpg	413		1		1	1						3
98	set4_079.jpg	101	1	2									3
99	set4_079.jpg	648					1		1		1		3
100	set4_079.jpg	626			1				2				3
101	set4_079.jpg	656						1	2				3
102	set4_080.jpg	16		1					1				2
103	set4_080.jpg	52			1			1					2
104	set4_081.jpg	35				1		1					2
105	set4_081.jpg	520	1		1			1					3

106	set4_082.jpg	157		1				1		1			3
107	set4_083.jpg	170	1	1						1			3
108	set4_084.jpg	56						1	1				2
109	set4_085.jpg	210	1	1	1								3
110	set4_086.jpg	555						3					3
111	set4_087.jpg	342			1	1	1						3
112	set4_088.jpg	301	1	1		1							3
113	set4_088.jpg	299			1							2	3
114	set4_089.jpg	287			1					1	1		3
115	set4_090.jpg	104	1	1			1						3
116	set4_090.jpg	240	1		1		1						3
117	set4_091.jpg	177		1						2			3
118	set4_092.jpg	341		1		1	1						3
119	set4_093.jpg	85						1			1		2
120	set4_094.jpg	453				1	1	1					3
121	set4_095.jpg	21		1	1								2
122	set4_095.jpg	40	1				1						2
123	set4_096.jpg	170	1	1						1			3
124	set4_096.jpg	339				2						1	3
125	set4_097.jpg	595						2				1	3
126	set4_097.jpg	211		2	1								3
127	set4_097.jpg	297			1					1		1	3
128	set4_097.jpg	526			1			1	1				3
129	set4_098.jpg	169		1					1			1	3
130	set4_099.jpg	350	1			1		1					3
131	set4_100.jpg	156		1				1	1				3
132	set4_100.jpg	53				1		1					2
133	set4_100.jpg	83				1					1		2
134	set4_101.jpg	236			1	1			1				3
135	set4_101.jpg	81		1							1		2
136	set4_102.jpg	349				1	1					1	3
137	set4_103.jpg	533				2		1					3
138	set4_103.jpg	119		2								1	3
139	set4_103.jpg	534				1	1	1					3
140	set4_104.jpg	227			2					1			3

141	set4_104.jpg	118		2						1		3
142	set4_104.jpg	72			1				1			2
143	set4_105.jpg	20	1		1							2
144	set4_106.jpg	1318		2		1				1		4
145	set4_107.jpg	238			1	1				1		3
146	set4_108.jpg	255			1			2				3
147	set4_109.jpg	626			1			2				3
148	set4_110.jpg	634				1	1		1			3
149	set4_111.jpg	626			1			2				3
150	set4_112.jpg	169		1				1			1	3
151	set4_112.jpg	297			1				1		1	3
152	set4_113.jpg	568						1	1		1	3
153	set4_114.jpg	338				2					1	3
154	set4_115.jpg	726			1			1	1			3
155	set4_116.jpg	698						1		1	1	3
156	set4_117.jpg	542			1		1	1				3
157	set4_118.jpg	28			1					1		2
158	set4_119.jpg	333				3						3
159	set4_120.jpg	526			1			1	1			3
160	set4_120.jpg	213		1	1	1						3
161	set4_121.jpg	533				2		1				3
162	set4_121.jpg	572			1			1		1		3
163	set4_122.jpg	410	1	1			1					3
164	set4_122.jpg	136		1		1		1				3
165	set4_123.jpg	377				1				2		3
166	set4_124.jpg	221		1	2							3
167	set4_124.jpg	136		1		1		1				3
168	set4_125.jpg	233			1	2						3
169	set4_125.jpg	503	1			1		1				3
												478