

## Variabilidade climática sobre a probabilidade horária pentadal de chover em Pelotas, RS – Brasil

Christian Rosa Dias<sup>1</sup>  
Daniel Souza Cardoso<sup>2</sup>  
Ronaldo Matias Tavares Júnior<sup>3</sup>  
Júlio César Bento Ribeiro<sup>4</sup>

### Resumo:

Os impactos ambientais causados tanto pelos baixos regimes de chuvas quanto pelas altas taxas de precipitação se estendem desde as áreas urbanas às zonas rurais. Neste sentido, realizou-se um estudo da variabilidade da probabilidade de chuvas horárias, pentadais, para a cidade de Pelotas, através de uma série histórica de 32 anos (1982-2013), no intuito de contribuir para as tomadas de decisões e planejamento das atividades agrícolas, visando prevenir danos e prejuízos às lavouras em decorrência dos aguaceiros. Concluiu-se que, em relação aos meses mais chuvosos do ano há maior ocorrência de pênadas com decréscimos relativos, indicando que as mesmas possuem maior probabilidade de aguaceiro entre os meses de julho, agosto e setembro. Porém observa-se que nos meses de fevereiro, junho e fim de agosto houve acréscimo no percentual de chances de chover na cidade de Pelotas.

**Palavras chave:** Climatologia; Chuvas horárias; Frequência horária pentadal; Probabilidade horária pentadal.

### Abstract:

The environmental impacts caused by both low rainfall regimes and high rainfall rates extend from urban areas and rural areas. In this sense, a study of the variability of the probability of pent-up rainfall for the city of Pelotas, through a 32-year historical series (1982-2013), in order to contribute to the decision-making and planning of agricultural activities, in order to prevent damages and damages to crops as a result of the downpours. It was concluded that, in relation to the rainiest months of the year, there is a higher occurrence of five days

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Química. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

<sup>2</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

<sup>3</sup> Graduando em Física. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

<sup>4</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS).

rainfall with relative decreases indicating that they are more likely to rain during the months of July, August and September. However, it is observed that the months of February, June and end of August increased in the percentage of chances of rain in the city of Pelotas.

**Keywords:** Climatology; Hourly rainfall; Five days hourly frequency; Five days hourly probability.

## Introdução

As chuvas no espaço urbano, quando em grandes volumes, causam enchentes e alagamentos, deixando muitas famílias desabrigadas (TEIXEIRA, 2015). Suas causas são variadas, como assoreamento do leito dos rios e impermeabilização das áreas de infiltração na bacia de drenagem (VALESCO, 2010). Com o aumento da população urbana, observam-se consequências significativas nos corpos d'água receptores em relação ao escoamento das águas das chuvas das grandes cidades, aumentando a concentração de alguns poluentes. (PIZELLA & SOUZA, 2000).

Os impactos das chuvas atingem desde lavouras até mesmo as agroindústrias, pois com as decorrentes secas ocorrem quedas bruscas na produção de alimentos e, conseqüentemente, no processamento das matérias-primas (BERGAMASCHI, et. al., 2016). No meio rural, podem-se observar, por exemplo, erosões que são causadas pelas "trombas-d'água", chuvas com grandes volumes em um curto período de tempo que trazem como conseqüências grandes perdas de terra, pois o terreno não consegue absorver toda a água da chuva (EMPAER, 2015).

Os altos índices de chuva trazem baixos níveis de insolação, podendo limitar o crescimento e produtividade, levando também ao aparecimento de doenças e elevando os custos de produção (CEPEA, 2016). As precipitações atrasam o plantio das culturas e provocam erosão no solo, causando perdas de fertilizantes e sementes, principalmente em lavouras semeadas nos dias de chuva (COLUSSI, 2014). Já com os baixos índices de chuva acarreta atraso no

plântio das culturas, o solo torna-se muito seco não oferecendo a mínima condição para as máquinas trabalharem de forma adequada (SPERANZA, 2012).

O objetivo desse estudo foi analisar a variabilidade do regime de chuvas pentadais através da probabilidade e aumento relativo permitindo, desta forma, verificar se há persistência climática nas últimas décadas, contribuindo para o planejamento das atividades produtivas, nos setores agropecuário, agroindústria e na prevenção de alagamentos nas áreas urbanas.

### **Materiais e métodos**

Através de uma série de dados históricos de 32 anos (1982-2013) da região de Pelotas, coletados pela estação meteorológica da UFPel-Embrapa, realizou-se o estudo da variabilidade da probabilidade horária pentadal de chuvas na cidade de Pelotas. De acordo com Pezzopane (1995), a probabilidade pode ser escrita por:

$$P = \frac{D}{N \times n} \times 100 \quad (01)$$

Verificou-se a variabilidade da probabilidade horária pentadal através do aumento relativo percentual das chances de chuvas da região de Pelotas, segundo Cardoso et. al. (2014):

$$AR = \left( \frac{P_2}{P_1} - 1 \right) \times 100 \quad (02)$$

Sendo:

P – Probabilidade de ocorrências de chuva

D – Número de ocorrências de chuvas horárias

N – Número de anos dos dados observados

n – Número de ocorrências possíveis na pentada.

AR– Aumento relativo

P<sub>1</sub>– Média da probabilidade do primeiro período

P<sub>2</sub> – Média da probabilidade do segundo período

Os resultados dos aumentos ou decréscimos relativos da probabilidade de chover são analisados quanto às implicações frente aos desvios percentuais, positivos ou negativos, médios, dos totais de chuvas mensais.

Desvio da média de uma medida:

$$\delta_i = x_i - \bar{x} \quad (03)$$

Desvio médio absoluto:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (04)$$

Desvio relativo:

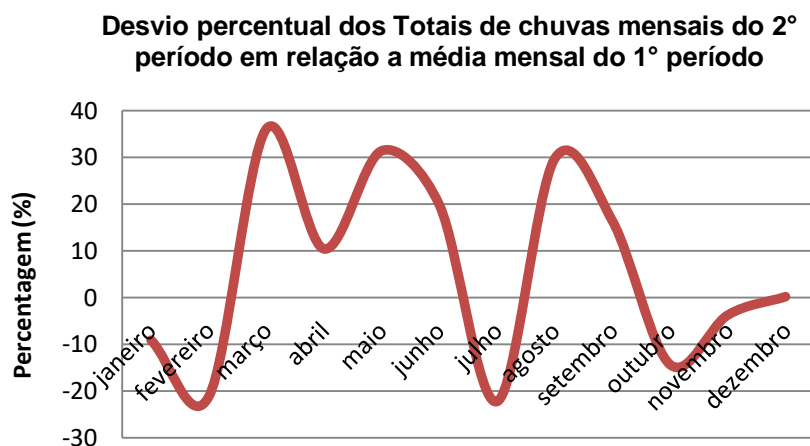
$$\delta_r = \frac{\bar{\delta}}{\bar{x}} \quad (05)$$

Desvio percentual:

$$\delta(\%) = \delta_r \times 100 \quad (06)$$

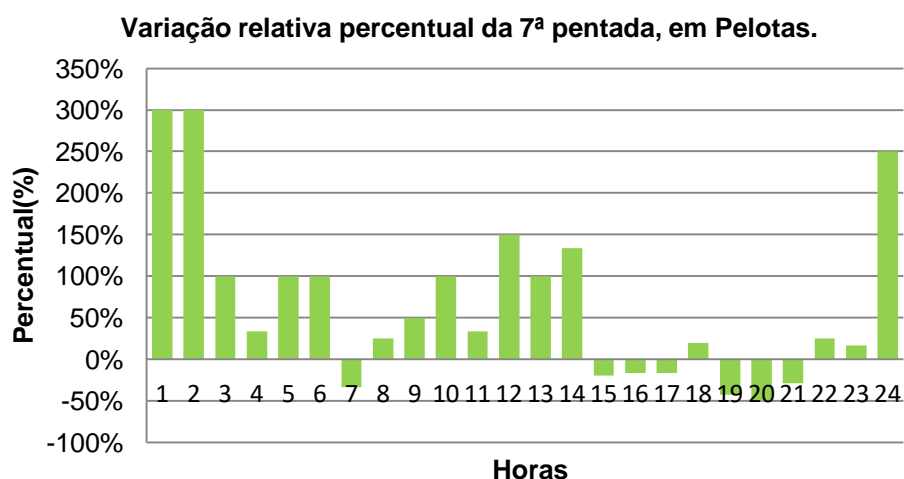
## Resultados e discussões

As possíveis implicações dos aumentos ou decréscimos relativos das chances horárias pentadais de chover serão analisadas considerando análise dos desvios dos totais de chuvas mensais (figura 1).



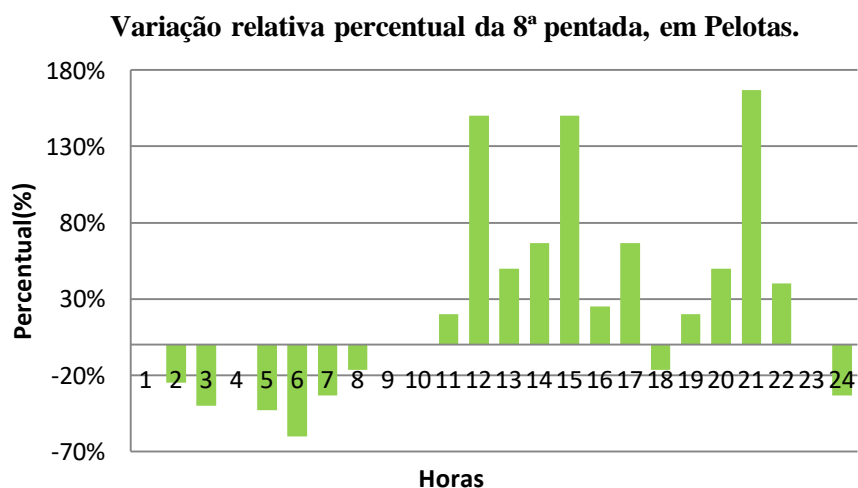
**Figura 1 - Gráfica de desvio percentual referente aos dois períodos (1982-1997)**

Embora a figura 1 apresente um desvio negativo dos totais de chuvas para o mês de fevereiro, o decréscimo estimado não se distribui igualmente nas chances mensais de chover. Conforme se constata a seguir, o decréscimo das chances de chover apresenta-se a partir da segunda quinzena de fevereiro.



**Figura 2 - Pêntada referente a 31 de janeiro e aos dias de 1 a 4 fevereiro.**

Observa-se na figura 2 que há um aumento relativo considerável nos horários 1h e 2h - por volta de 300%. Contudo, o desvio relativo dos totais de chuvas na figura 1 indica que as maiores chances de precipitar nesta pêntada se encontram nas primeiras 14h com menor intensidade.



**Figura 3 - Pêntada referente aos dias 5 a 9 de fevereiro.**

Na figura 3, nota-se um aumento relevante no horário das 21h, por volta de 167%. Observa-se que esse horário está em desacordo com o desvio

relativo dos totais de chuvas na figura 1 o qual apresenta desvio negativo para esse mês, que implica maiores chances de chuvas intensas.

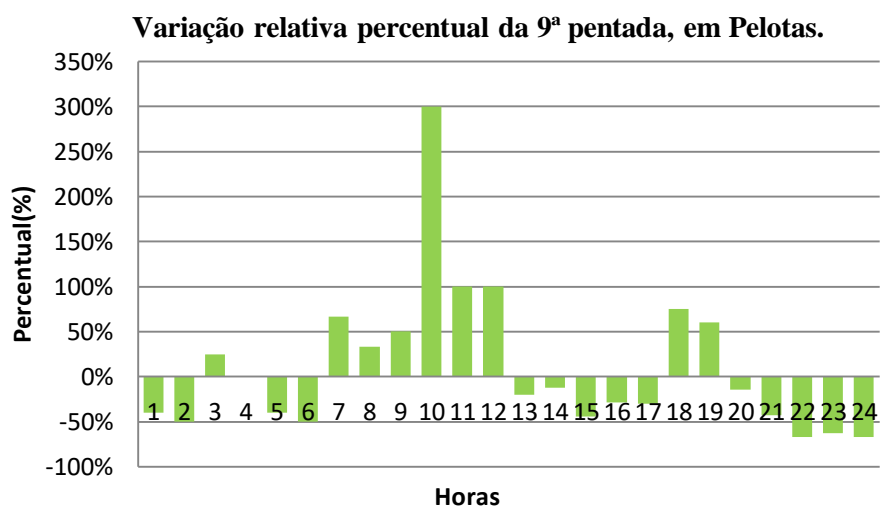


Figura 4 - Pêntada referente aos dias 10 a 14 de fevereiro.

Já na figura 4, há um aumento relativo considerável no horário das 10h por volta de 300%, discordando com o desvio relativo dos totais de chuvas na figura 1, o qual indica desvio negativo. Neste sentido, isso revela o aumento das chances de chuvas mais intensas na maior parte dos horários.

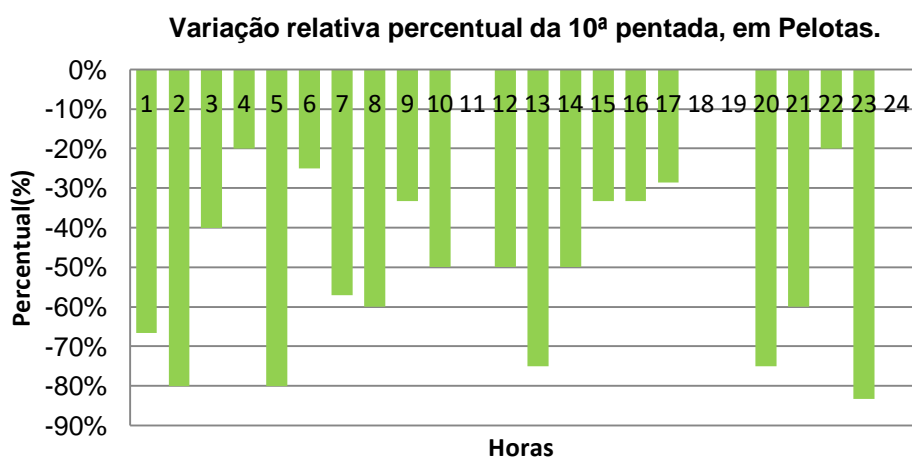
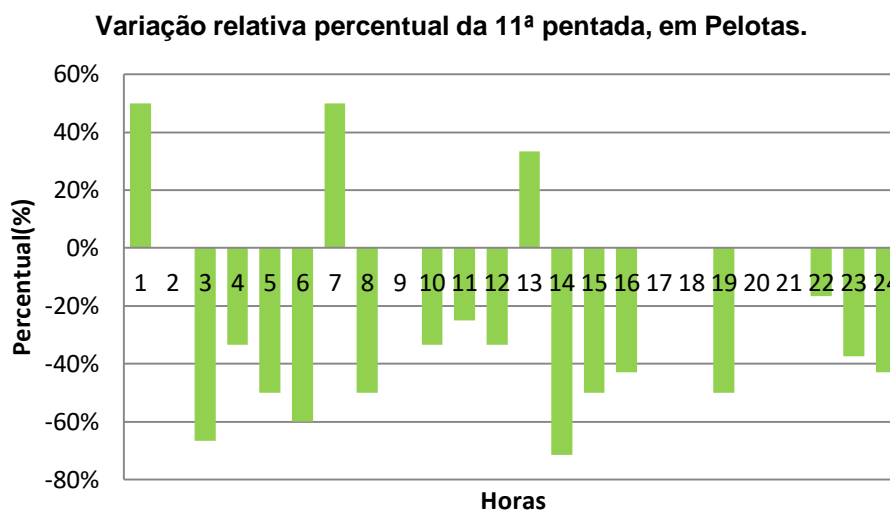


Figura 5 - Pêntada referente aos dias 15 a 19 de fevereiro.

Verifica-se na figura 5 que há decréscimos relativos significativos nos horários das 23h - por volta de 83%. Verifica-se que todos os horários nessa pênstada possuem decréscimos relativos nas chances de chover, concordando com o resultado do gráfico de desvio relativo dos totais de chuvas na figura 1, o qual apresenta desvio negativo dos totais de chuvas nesse mês.

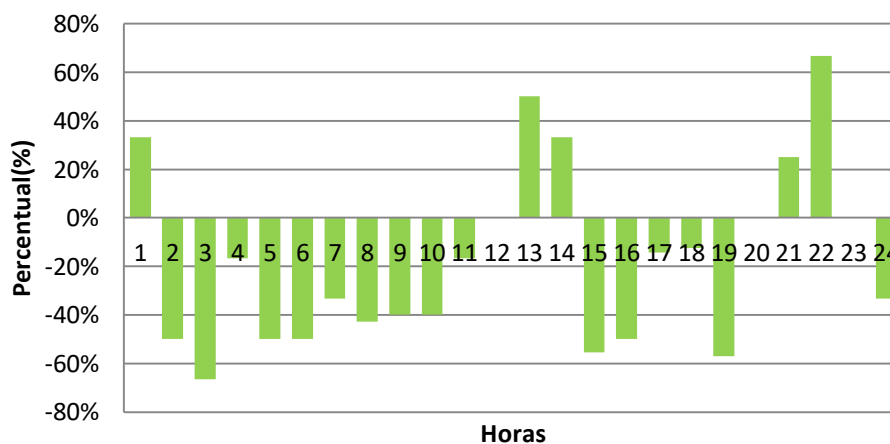


**Figura 6 - Pênstada referente aos dias 20 a 24 de fevereiro.**

Na figura 6, observa-se que há destaque considerável no horário das 14h com decréscimo relativo de 71%. A maior parte dos horários nesta pênstada possui decréscimos relativos, concordando com o resultado do gráfico de desvio relativo onde se constata um desvio negativo dos totais de chuva nos últimos 16 anos.



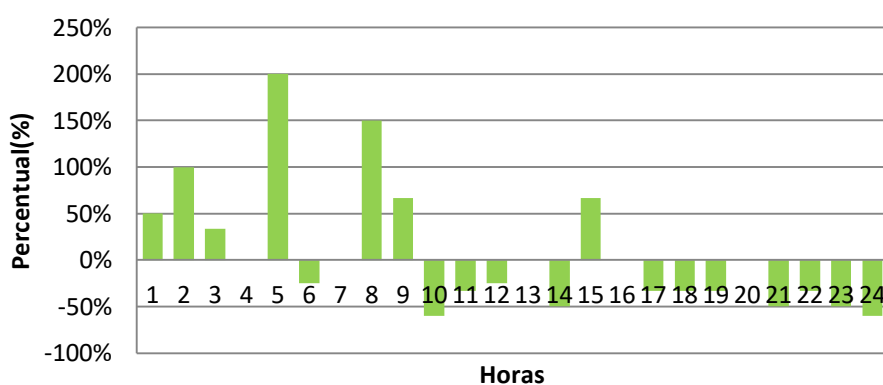
**Variação relativa percentual da 12ª pentada, em Pelotas.**



**Figura 7 - Pêntada referente aos dias 25 a 28 de fevereiro e ao primeiro dia de março.**

Observa-se que, na figura 7, há um aumento relativo significativo no horário das 22h por volta de 67%. Porém, observa-se que há um decréscimo relativo predominante, de até 67%, concordando com o resultado do gráfico de desvio relativo dos totais de chuvas para este mês.

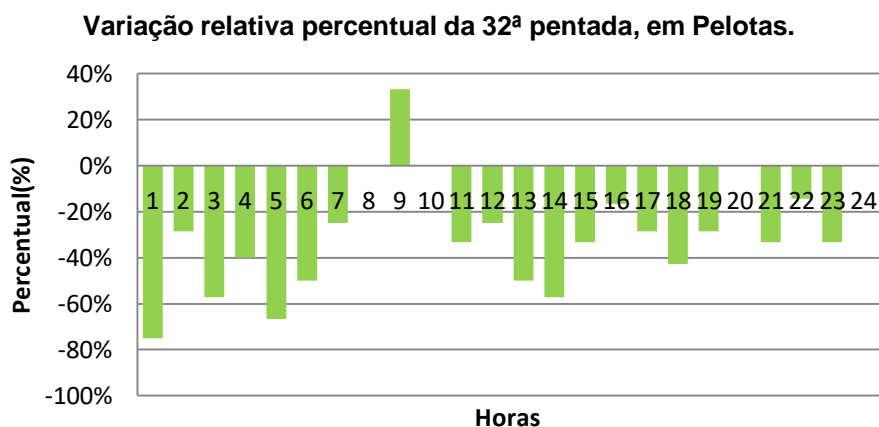
**Variação relativa percentual da 31ª pentada, em Pelotas.**



**Figura 8 - Pêntada referente ao último dia de maio (31) e aos primeiros dias de junho (1 ao dia 4).**

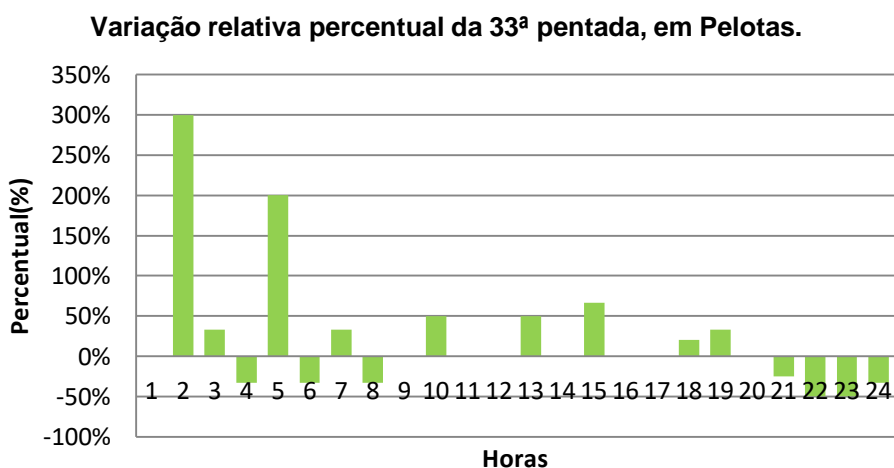
Nota-se, na figura 8, que há um aumento relativo no horário das 5h - por volta de 200%. Verificam-se também decréscimos relativos nos horários das

10h às 24h. Os decréscimos relativos são majoritários nesta pênstada, em torno de 50% das chances de chover, o que implica a possibilidade de aguaceiros nestes períodos.



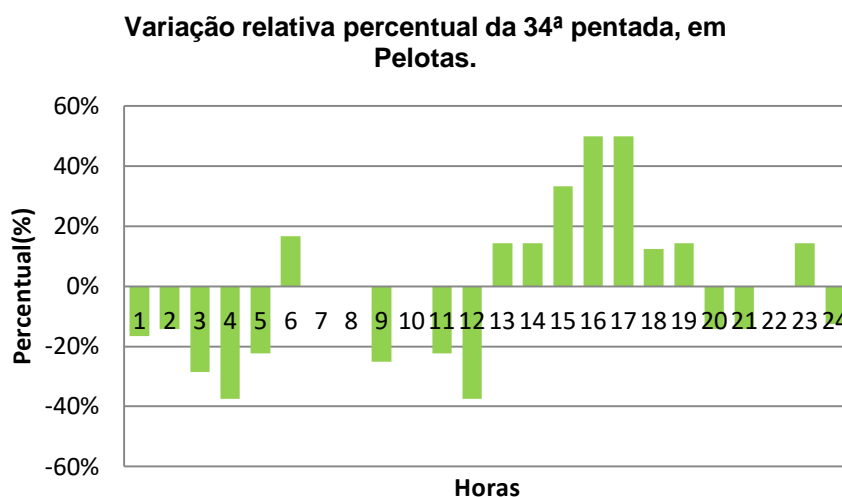
**Figura 9 - Pênstada referente aos dias 5 a 9 de junho.**

Na figura 9, nota-se que há decréscimo relativo predominante na 32ª pênstada, atingindo, por exemplo, 75% no horário da 1h. Tais dados vão de encontro ao resultado do desvio relativo dos totais na figura 1, o que pode indicar que, se precipitar, ocorrerá em grandes volumes.



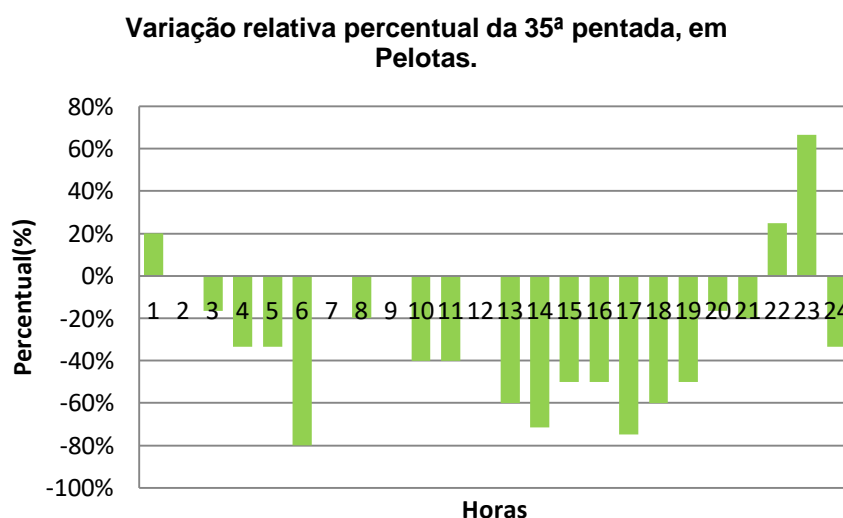
**Figura 10 - Pênstada referente aos dias 10 a 14 de junho.**

Na figura 10, nota-se que há um aumento relativo de destaque no horário das 2h - por volta de 300%. No final da primeira quinzena de junho, a distribuição de chuvas flutua em torno de uma média de 22%, concordando com os desvios relativos dos totais para este mês (figura 1).



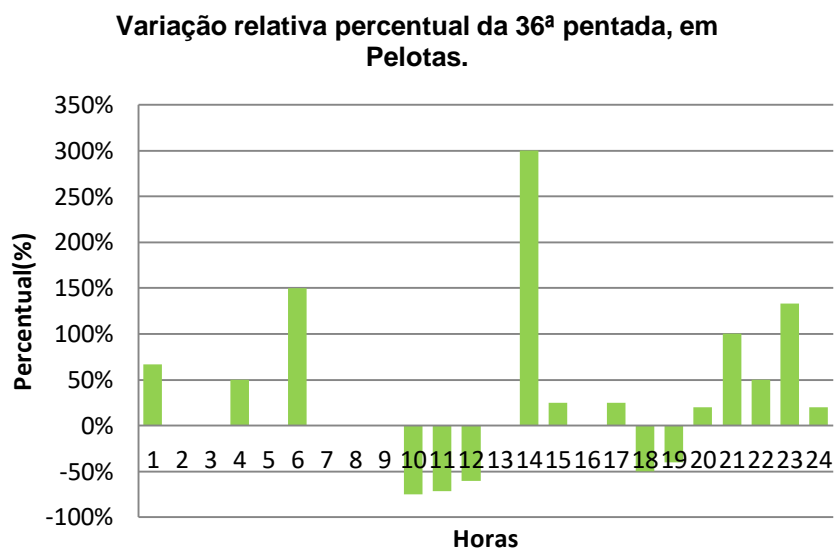
**Figura 11 - Pêntada referente aos dias 15 a 19 de junho.**

Observa-se na figura 11 que há aumento relativo relevante nos horários das 16h e 17h, de até 50%. Há nestes horários chuvas com maiores ocorrências, estando em acordo com o gráfico da figura 1. As chances de chover flutuam em torno de uma média de -17%, o que implica a possibilidade de maiores volumes de chuva.



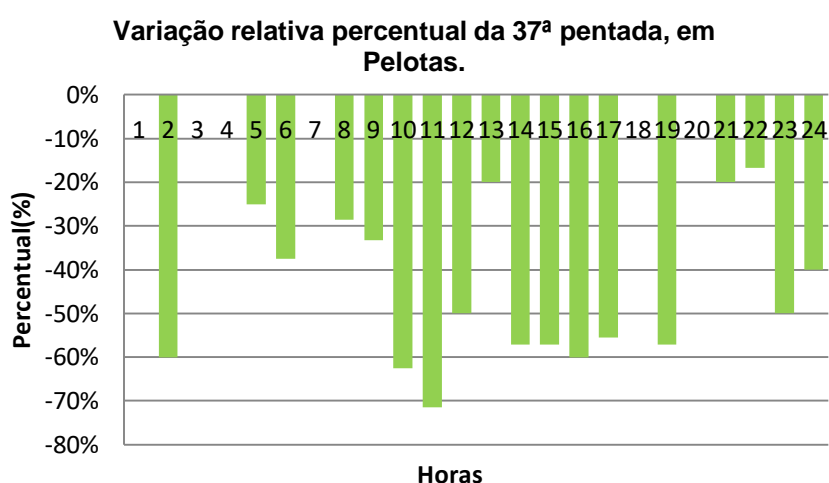
**Figura 12 - Pêntada referente aos dias 20 a 24 de junho.**

Já na figura 12, observa-se que, nesta pêntada, a maior parte dos horários possui decréscimos relativos relevantes, o maior deles está nos horários das 6h da manhã, em torno de 80% de decréscimo da chance de chover, estando em desacordo com o desvio relativo dos totais mensais (figura1). Nesta perspectiva, indica-se a possibilidade de chuvas intensas nesses períodos.



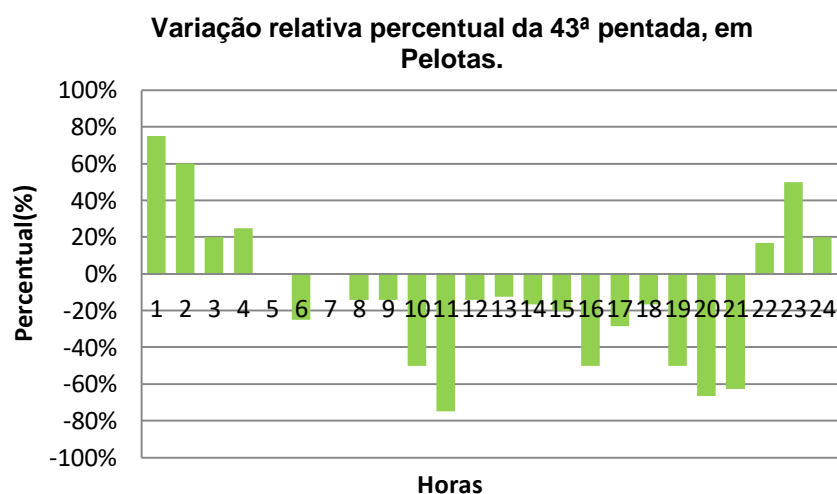
**Figura 13 - Pêntada referente aos dias 25 a 29 de junho.**

Nota-se que há um aumento relativo no horário das 14h, por volta de 300%, na figura 13, referente à 36ª pênstada. Cabe observar que os horários com aumentos relativos relevantes estão em acordo com o gráfico de desvio relativo na figura 1, o que mostra que os horários com aumento relativo constroem o aumento percentual dos totais, juntamente com os aumentos relativos das demais pênstadas para esse mês.



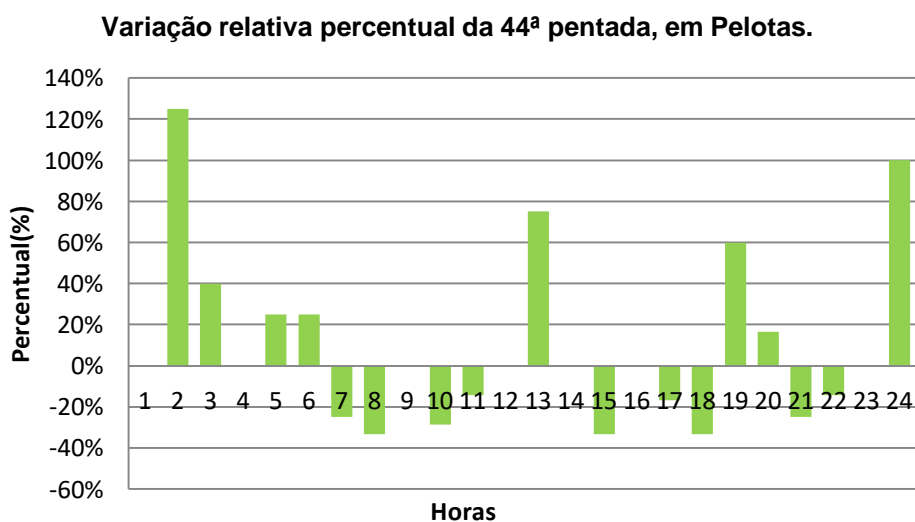
**Figura 14 - Pênstada referente ao último dia de junho e primeiros dias de julho (1 ao dia 4).**

Na figura 14, observa-se que, nessa pênstada, a maioria dos horários tem decréscimos relativos, estando, portanto, em desacordo com desvio dos totais de chuva na figura 1. Verifica-se que, neste período, a perspectiva é de que se obtenham menos ocorrências de chuva, porém com maiores volumes.



**Figura 15 - Pêntada referente aos últimos dias de julho (30 e 31) e aos dias 1 a 3 de agosto.**

Nota-se, na figura 15, aumento relativo considerável a 1h, em torno de 75%. A maior parte dos horários, nesta pêntada, possui decréscimos, indicando que há menor ocorrência de chuvas, porém com maior volume, estando em desacordo com o desvio dos totais na figura 1.



**Figura 16 - Pêntada referente aos dias 04 a 08 de agosto.**

Nota-se na figura 16 que há aumentos relativos consideráveis entre os horários das 2h, em torno de 125%, e 24h, em torno de 100%, estando em

desacordo com o gráfico dos totais na figura 1. Observa-se, neste período, que a maioria dos horários possui decréscimos relativos, o que implica a possibilidade de chuvas com maiores ocorrências e menor volume.

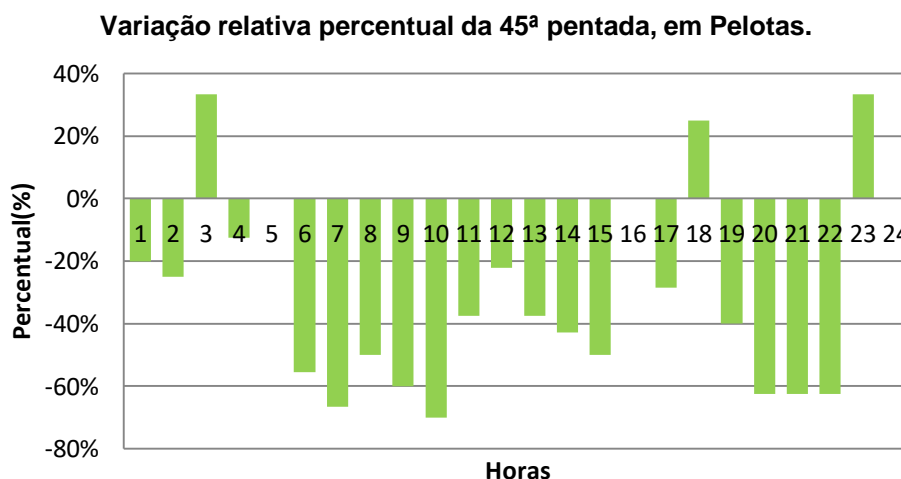


Figura 17 - Pêntada referente aos dias 09 a 13 de agosto.

Já na figura 17, nota-se decréscimo relativo expressivo no horário das 10h, por volta de 70%, estando em acordo com o gráfico de desvio relativo na figura 1 e indicando chuvas com maior ocorrência e chances de menor volume durante.

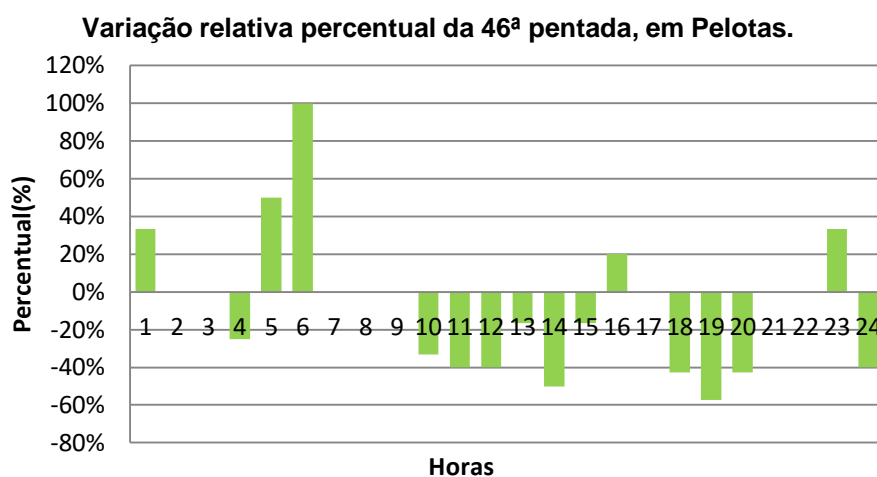
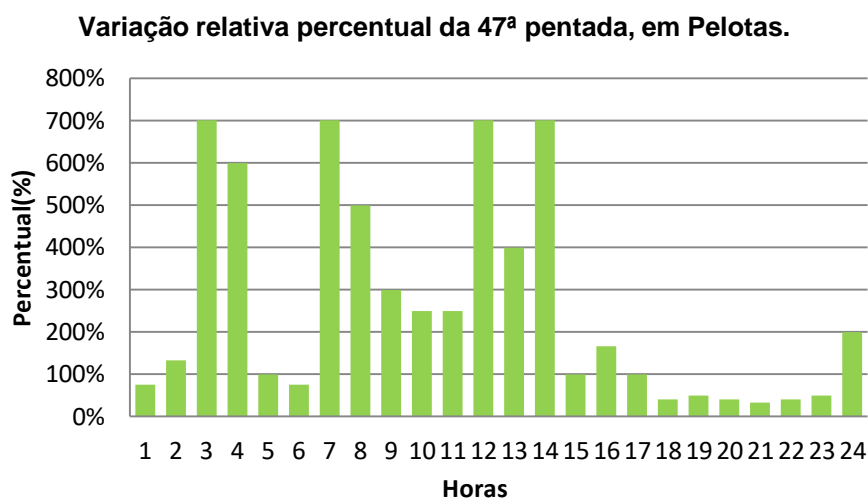


Figura 18 - Pêntada referente aos dias 14 a 18 de agosto.

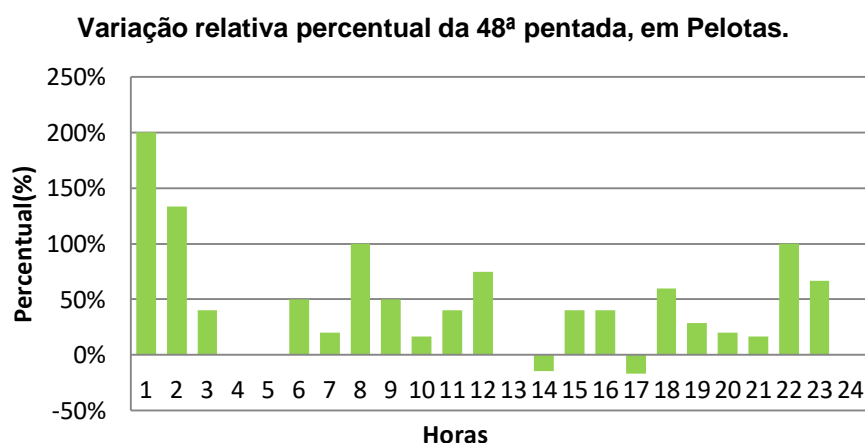
Na figura 18, nota-se que há um aumento relativo considerável no horário das 6h, em torno de 100%, estando em desacordo com o gráfico de desvio relativo na figura 1. A maior parte dos horários nesta pênstada apresenta decréscimos relativos com maior ocorrência e chances menores volumes de chuva.



**Figura 19 - Pênstada referente aos dias 19 a 23 de agosto.**

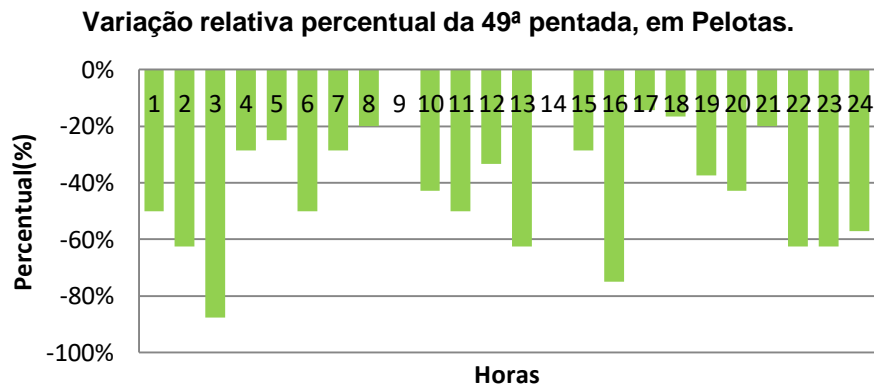
Nota-se na figura 19 que há aumento relativo que se destaca nos horários das 3h, 7h, meio dia e 14h; em torno de 700%, estando em desacordo com o desvio relativo dos totais na figura 1 e implicando eventualmente chuvas com maiores ocorrências em menores proporções.





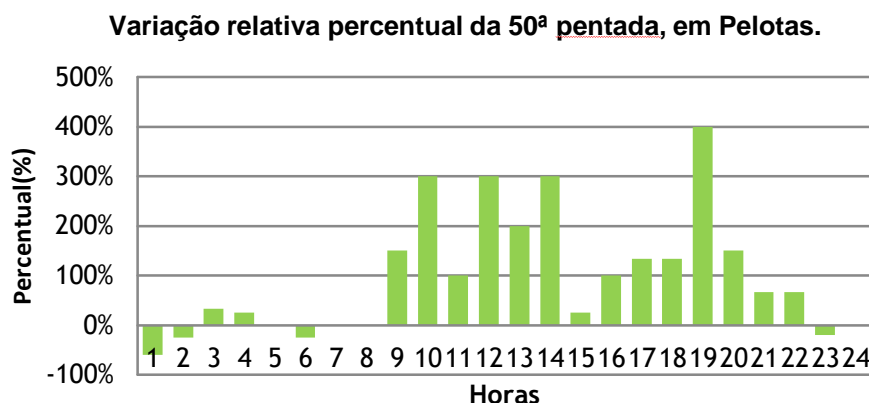
**Figura 20 - Pêntada referente aos dias 24 a 28 de agosto.**

Observa-se que a maior parte dos turnos possui acréscimo relativo. Verifica-se um aumento relativo considerável a 1h da manhã, por volta de 200%, estando em desacordo com o desvio relativo dos totais na figura 1 e implicando eventualmente chuvas com maior ocorrência e menor intensidade.



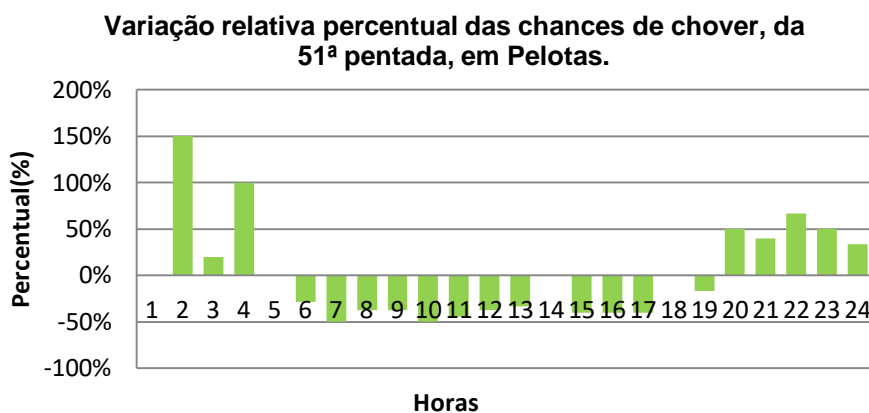
**Figura 21 - Pêntada referente aos últimos dias de agosto e início de setembro (1 e 2).**

A figura 21 apresenta um decréscimo relevante nas chances de chover no horário das 3h da manhã, por volta de 88%, estando em desacordo com o desvio dos totais na figura 1. Observa-se que todos os horários apresentam decréscimos, implicando chances de maiores volumes de chuva com menores ocorrências.



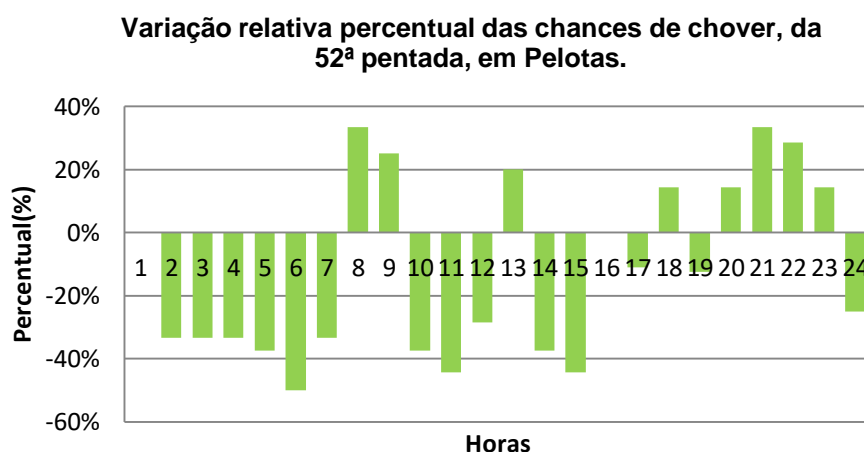
**Figura 22 - Pêntada referente aos primeiros dias de setembro (3 ao dia 7).**

Observa-se que na figura 22 há aumento relativo considerável no horário das 19h, por volta de 400%, estando em acordo com o gráfico dos desvios dos totais na figura 1 e indicando ocorrência de chuvas mais frequentes.



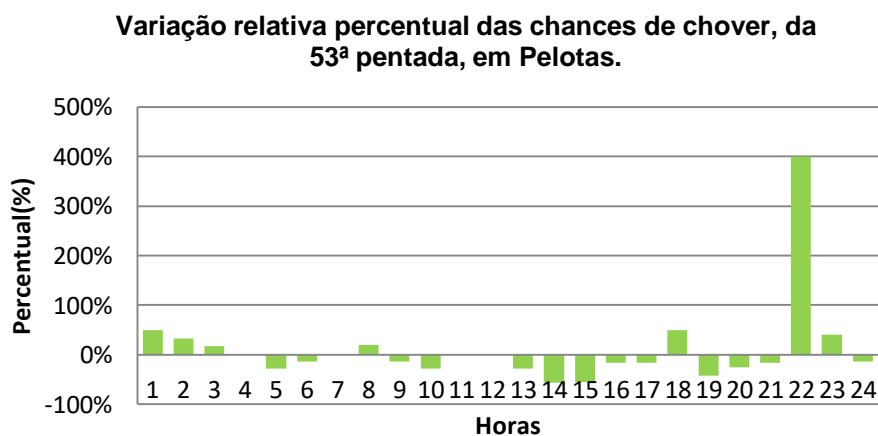
**Figura 23 - Pêntada referente aos dias 8 a 13 de setembro.**

A figura 23 apresenta aumento relativo relevante às 2h, em torno de 150%, estando em acordo com o desvio dos totais (figura1). Nota-se também que grande parte dos horários apresenta decréscimos relativos, indicando a ocorrência de chuvas menos frequentes e com chances maior volume.



**Figura 24 - Pêntada referente aos dias 13 a 18 de setembro.**

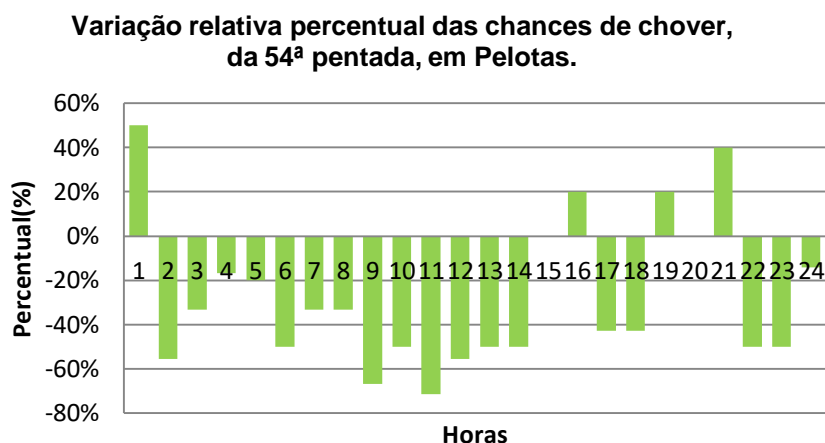
Na figura 24, observa-se que há decréscimos relativos significativos no horário das 6 da manhã, em torno de 50%, estando em desacordo com o gráfico de desvio dos totais na figura 1. Verifica-se a possibilidade de chuvas infrequentes e mais volumosas para este período.



**Figura 25 - Pêntada referente aos dias 18 a 23 de setembro.**

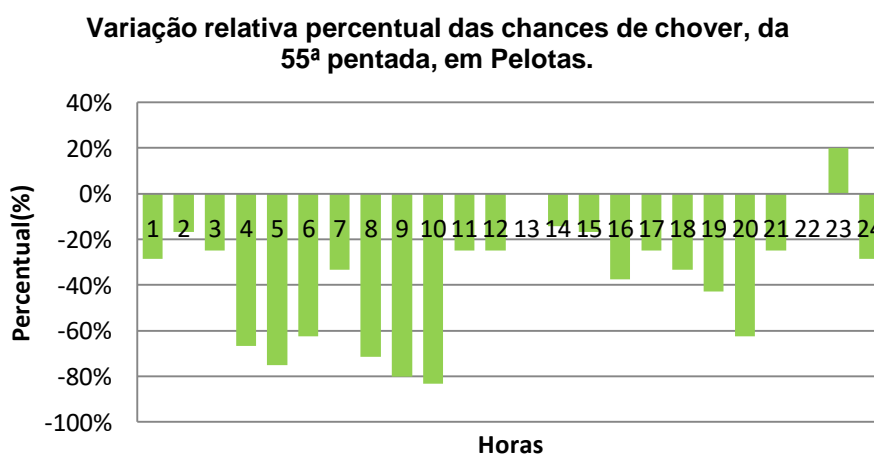
Já na figura 25, nota-se que há aumento relativo expressivo no horário das 22h, em torno de 400%, estando em acordo com o gráfico de desvio dos totais de chuva (figura 1). Observa-se que a maior parte dos horários possui

decréscimo relativo, implicando muitas vezes a possibilidade de chuvas com menos frequência e maior volume.



**Figura 26 - Pêntada referente aos dias 23 a 28 de setembro.**

Observa-se nesta pêntada que o horário que mais se destaca é o das 11h, com decréscimo relativo de 71%, estando em desacordo com o gráfico de desvio dos totais, na figura 1. Estes decréscimos implicam a diminuição das precipitações e possibilidade de aguaceiro.



**Figura 27 - Pêntada referente aos dias últimos dias de setembro de setembro.**

Observa-se na figura 27 o horário das 10h, o qual apresenta uma redução de 83%, estando em desacordo com o desvio dos totais (figura1) e trazendo maiores chances de chuva com elevados volumes e menores ocorrências nos dias referentes a essa pântada.

Os resultados das demais pântadas, são encontrados em anexos.

### **Considerações finais**

Pôde-se concluir que, de acordo com os gráficos das pântadas analisadas em comparação ao gráfico de desvio relativo dos totais mensais, o mês de fevereiro possui no geral maior número de períodos com decréscimos relativos a partir da 2ª quinzena, ou seja, indicando que ocasionará chuvas menos frequentes, porém, quando chover, as chances são de aguaceiro. Observa-se, neste mês, alteração no regime de chuvas a partir dessa segunda quinzena. Nota-se na 10ª pântada, no horário das 23h, que há um decréscimo de 83% nas chances de chover, mostrando que, se precipitar, possivelmente será em grandes volumes. As chuvas que possuem altos volumes em pouco tempo implicam diversos prejuízos para o campo como inundações do solo, lavando os nutrientes do mesmo e impedindo o desenvolvimento das plantas como também o aumento de pragas e doenças. Nas cidades, há o predomínio de enchentes e inundações decorrentes dos altos volumes de precipitação e da poluição. Tal predomínio se dá em função do acúmulo do lixo que é despejado inadequadamente.

Já o mês de junho, verifica-se menor possibilidade de aguaceiros devido aos horários com decréscimos, os quais indicam chuvas menos frequentes e de menor volume.

O mês de agosto inicia-se com a maior parte de seus períodos com decréscimos relativos, os quais indicam, em comparação com o gráfico de desvio relativo dos totais nesse mês, possibilidade de chuvas com menores ocorrências e maior volume. Porém nota-se que, ao final deste, há acréscimos relevantes, indicando chuvas mais brandas e frequentes na maioria dos

períodos. Destaca-se a 47ª pântada, a qual indica horários com 700% de acréscimo. Esses dados mostram que o mês de agosto inicia-se com poucas chuvas e com volumes superiores e, no decorrer deste, pode haver o aumento dos volumes de chuvas.

Observa-se que o mês de setembro, em comparação ao gráfico de desvio dos totais, se inicia com chuvas pouco frequentes, porém podendo ser volumosas. No decorrer do mês, aumentam os horários com decréscimos, indicando chuvas mais frequentes e podendo ser menos intensas. Na 50ª pântada, verificam-se horários com 300% de acréscimo (10, 12 e 14 horas) e 400% às 19h.

Constata-se neste trabalho indícios de variabilidade no regime de chuvas, horários pentadais, para a cidade de Pelotas, onde se indicam novos estudos para verificar a possibilidade de variabilidade climática.

### Referências bibliográficas

ALVARENGA João. **Safrinha: quais os impactos financeiros que a falta de chuva pode causar e como obter recursos do governo para passar esta fase.** Disponível em: <http://blog.redehiperagro.com/safrinha-quais-os-impactos-financeiros-que-a-falta-de-chuva-pode-causar-e-como-obter-recursos-do-governo-para-passar-esta-fase/> Acesso em: 24 ago. 2016

BERGAMASCHI, Homero; Antonio; DALMAGO, Genei; ITO João et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos, **Pesquisa Agropec Brasil**. Brasília, v.39, n.9, p.831-839, set. 2004.

CARDOSO, Daniel Souza; RISTOFF, Wagner José Fontana; et al. Análise climatológica da temperatura do ar da cidade de Santa Rosa – RS, Brasil, **Almanaque Multidisciplinar de Pesquisa**. Universidade Unigranrio, v. 1, p. 61-68, 2014.

CEPEA, MILHO/CEPEA. **Chuva dificulta colheita e plantio.** Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/milho-cepea-chuva-dificulta-colheita-e-plantio.aspx>. Acesso em 9 de agosto de 2016.

COLUSSI, Joana, **Fenômeno El Niño já tem impacto nas lavouras gaúchas.** Disponível em: <<http://wp.clicrbs.com.br/supersafra/2014/07/03/fenomeno-el-nino-comeca-a-amedrontar-produtores-gauchos/>>. Acesso em 3 de julho de 2014.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 37, 1999. Foz do Iguaçu. **Anais...** Brasília: SOBER, 1999. CD-ROM..

EMPAER. **EROSÃO - A ferida da terra.** Disponível em: <<http://www.empaer.mt.gov.br/tecnologias/exibir.asp?cod=8>>. Acesso em: 04 des. 2015.

PEZZOPANE, J.E.M.; SENTELHAS, P.C.; ORTALINI, A.A.; MORAES, A.V. Caracterização da chuva horária em três locais do estado de São Paulo: um subsídio ao planejamento de operações agrícolas de campo. **Sci. Agric.**, Piracicaba, 52(1): 70-77, jan./abr. de 1995.

PIZELLA, Denise Gallo; SOUZA, Marcelo Pereira. Impactos Ambientais do Escoamento Superficial Urbano Sobre as Águas Doces Superficiais: VI CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2005. Caxambu. **Anais...** Caxambu: CAXAMBU, 2005. p.2.

SPERANZA, Clarice. **Conselho de Agrometeorologia avalia impacto da falta de chuvas.** Disponível em: <<http://www.rs.gov.br/conteudo/37850/conselho-de-agrometeorologia-avalia-impacto-da-falta-de-chuvas>> Acesso em: 06 fev. 2016

TEIXEIRA, Rannyelle. **As disparidades climáticas nas regiões do Brasil trazem prejuízo e pobreza.** Disponível em: <<http://br.blastingnews.com/ambiente/2015/10/as-disparidades-climaticas-nas-regioes-do-brasil-trazem-prejuizo-e-pobreza-00611433.html>> Acesso em: 06 fev. 2016

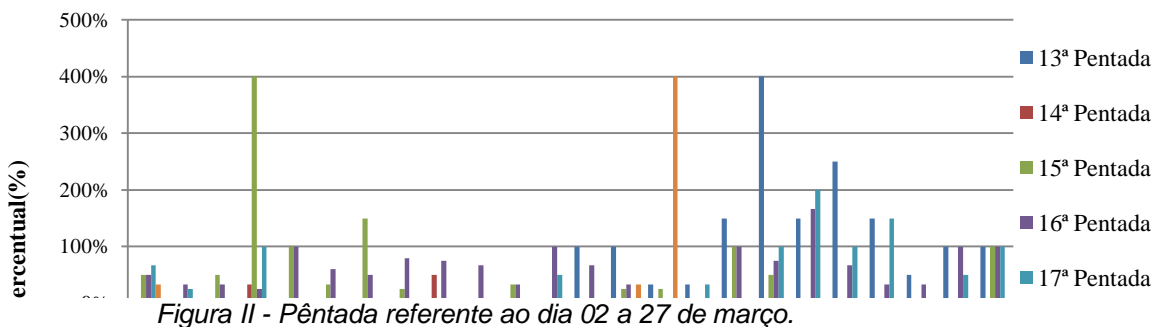
VALESCO, Karla de Souza. **Impactos das enchentes nos municípios da Baixada Fluminense,** Pós-graduação. Universidade Candido Mendes, p. 1-45, 2010.

Anexos - pântadas relacionadas aos demais meses do ano

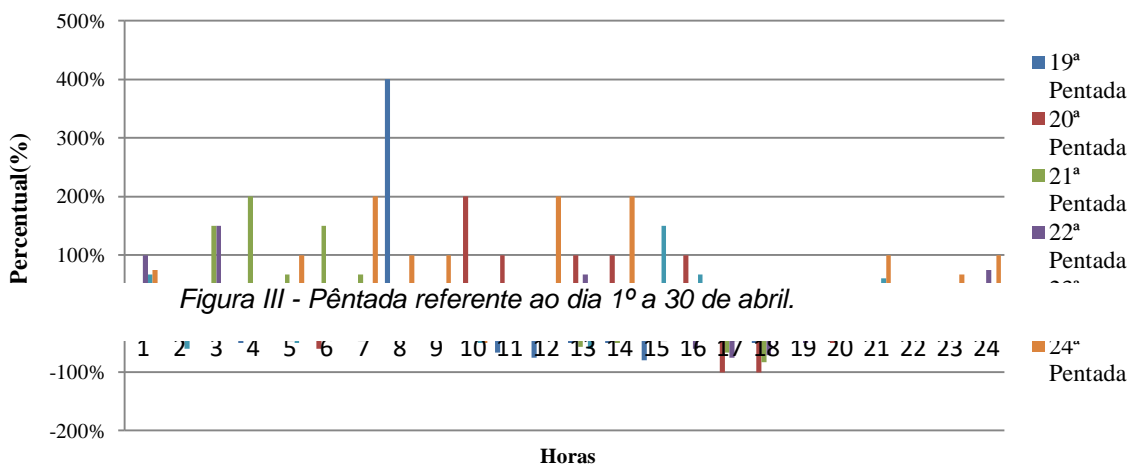
Pentadas do mês de janeiro



Pântadas do mês de março



Pântada referente ao mês de abril





Pêntada referente ao mês de maio

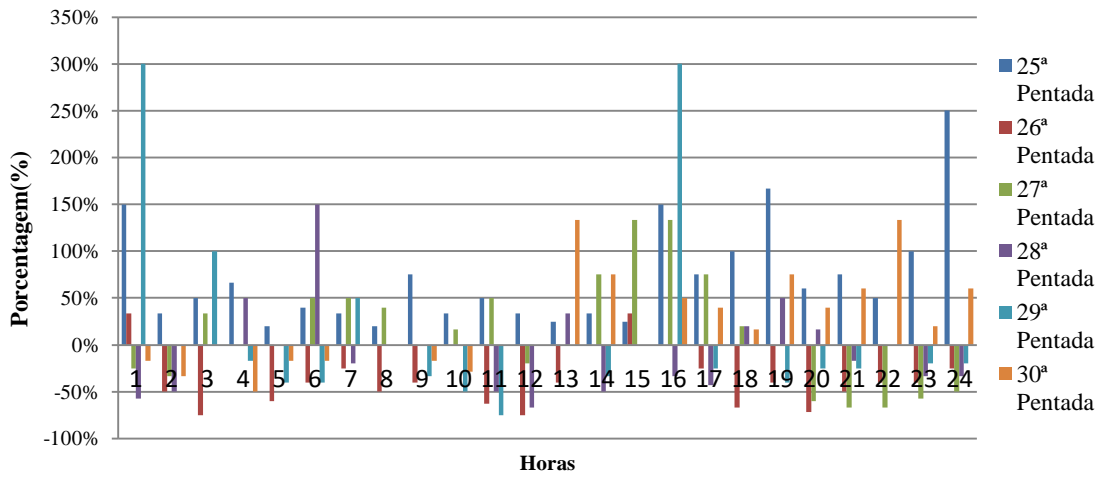


Figura IV - Pêntada referente ao dia 1º a 26 de maio.

Pêntada referente ao mês de outubro

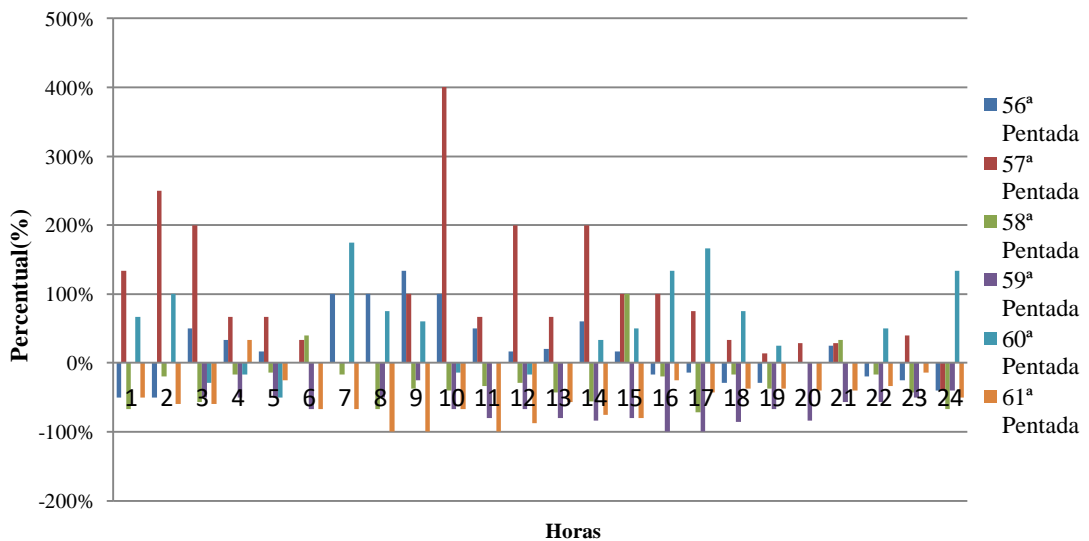


Figura V - Pêntada referente ao dia 4 a 28 de outubro.