

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Programa de Pós-Graduação em Física

Jesus Mauricio Encinas Riveros

**A dinâmica da presença em sessões
parlamentares sob o enfoque de sistemas
complexos**

Maringá

2017

Jesus Mauricio Encinas Riveros

**A dinâmica da presença em sessões
parlamentares sob o enfoque de sistemas
complexos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Física do Programa de Pós-Graduação em Física, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador:
Prof. Dr. Renio dos Santos Mendes

Maringá

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

E56d Encinas Riveros, Jesus Mauricio
A dinâmica da presença em sessões parlamentares
sob o enfoque de sistemas complexos / Jesus Mauricio
Encinas Riveros. -- Maringá, 2017.
43 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Renio dos Santos Mendes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de
Física, Programa de Pós-Graduação em Física, 2017.

1. Física estatística. 2. Presença parlamentar -
Análise de dados. 3. Frequência relativa - Análise
de dados. 4. Caminhada aleatória. I. Mendes, Renio
dos Santos, orient. II. Universidade Estadual de
Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de
Física. Programa de Pós-Graduação em Física. III.
Título.

CDD 23.ed. 530.13

MN

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer a Deus.

Aos meus pais e a minha grande família que sempre me apoiaram e me incentivaram nas minhas escolhas.

Ao meu querido professor Dr. Renio dos Santos Mendes, por sua paciência, orientação, colaboração, dedicação, confiança e amizade.

Ao professor Dr. Haroldo Valentin Ribeiro pela colaboração e assistência que sempre me mostrou.

Aos colegas do Complex-Lab pelas conversas que tanto me ensinaram. Em especial ao 'Dieguito' pelos maravilhosos jogos de xadrez e pela sua colaboração e incentivos para encarar o EUF.

Aos amigos do Departamento de Pós-Graduação em Física que desde que cheguei me demonstraram colaboração e simpatia.

Aos meus grandes amigos David Posso, Yessica Acosta, Luis Araujo, Denise Dalcol e Josué Souza que constituíram minha família em Maringá.

À Secretária Mônica dos Santos Mucio Loiola pela amabilidade e ajuda que sempre me mostrou.

Por fim agradeço à CAPES pelo apoio financeiro, à OEA e ao GCUB que me trouxeram a este bonito país.

Resumo

Neste trabalho, utilizam-se técnicas da Física Estatística para estudar a dinâmica da presença parlamentar na Assembleia Legislativa do Estado do Paraná (ALEP), no período de 2011 até 2016, e na Câmara dos Deputados do Brasil (CDB), no período de 1991 até 2016. Por meio das análises da frequência relativa dos parlamentares de ambos os sistemas, quando considerado um período legislativo completo, verificou-se que as curvas de frequência relativa adotam formas semelhantes. No caso da ALEP, são propostos dois modelos matemáticos que tentam descrever o comportamento do *número de parlamentares presentes em uma votação*. Sob o conceito de caminhada aleatória foi estudada a dinâmica da presença parlamentar tanto na ALEP quanto na CDB. Em ambos os sistemas foi encontrado que a dispersão das trajetórias do conjunto de parlamentares em cada legislatura apresenta uma proporcionalidade ao número de passos (sessões) da forma $\sigma_n^2 \propto n^\alpha$, com $\alpha > 1$. Com isso, no contexto dos processos difusivos, a presença parlamentar tanto na ALEP quanto na CDB apresenta-se como uma difusão anômala superdifusiva. Além disso, via Análise Destendenciada de Flutuações (DFA), obteve-se que a grande maioria das séries de presença dos parlamentares dos dois sistemas possuem correlações persistentes de longo alcance. Todos esses resultados, baseados na forma das curvas de frequência e nas correlações das séries de presença tanto da ALEP quanto da CDB, apontam na direção de padrões universais na dinâmica das presenças parlamentares.

Palavras-chave: *Presença parlamentar, frequências relativas, caminhada aleatória.*

Abstract

In this work, techniques corresponding to statistical physics are used in order to study the dynamics of the parliamentary presence in the Legislative Assembly of the State of Paraná (ALEP) from 2011 to 2016, and in the Brazilian Chamber of Deputies (CBD) from 1991 to 2016. Based on the analysis of the relative frequency of the parliamentary of both systems, when considered as a complete legislative period, it has been verified that frequency curves adopt similar forms. In the case of ALEP, two mathematical methods are proposed that attempt to describe the behavior of the *number of parliamentarians present in a voting*. Based on the concept of random walking, the dynamics of parliamentary presence in both ALEP and CBD were studied. In both systems it has been found that the dispersion of trajectories of the set of parliamentarians in each legislature presents a proportionality to the number of steps (sessions) of the form $\sigma_n^2 \propto n^\alpha$, with $\alpha > 1$. Thus, in the context of diffusive processes, the parliamentary presence in both the ALEP and the CBD appears as an anomalous diffusion. In addition, by means of Detrended Fluctuation Analysis (DFA), it was found that the great majority of presence series of the parliamentarians of both systems have persistent long-range correlations. All these results, based on the form of the frequency curves and the correlations of the presence series of both the ALEP and the CBD, point towards universal patterns in the dynamics of parliamentary presence.

Keywords: *Parliamentary presence, relative frequencies, random walk.*

Conteúdo

Resumo	iii
Abstract	iv
Introdução	1
1 Dados e conceitos	3
1.1 Análises de dados	3
1.2 Sobre a CDB	5
1.3 Sobre a ALEP	5
1.4 Definições estatísticas	7
1.5 Distribuição binomial	9
1.6 Distribuição beta	10
1.6.1 Teste de Anderson - Darling	10
1.7 Caminhada aleatória	11
1.7.1 Variância em caminhadas aleatórias	11
1.8 DFA	13
2 Presença parlamentar na ALEP	16
2.1 Frequências dos parlamentares	16
2.2 Modelo binomial	19
2.3 Modelagem via distribuição beta	19
2.4 Caminhadas aleatórias	21
2.5 DFA da presença parlamentar	26
3 Presença parlamentar na CDB	29
3.1 Frequências dos parlamentares	29
3.2 Caminhada aleatória na CDB	30
3.3 DFA da presença parlamentar na CDB	33
4 Conclusões	38
Referências	43

Lista de Tabelas

1.1	Informações referentes à CDB. O número de parlamentares representa a soma dos 513 parlamentares titulares mais os parlamentares suplentes que exerceram funções no dado período legislativo.	6
1.2	Informações referentes à ALEP. O número de parlamentares representa a soma dos 54 parlamentares titulares mais os parlamentares suplentes que exerceram funções no dado ano.	6
2.1	Valores ajustados da equação 2.2 às curvas de frequências anuais e o correspondente coeficiente de correlação de Person (R^2), que indica a qualidade do ajuste.	18
2.2	Para cada ano, parâmetros ajustados da distribuição beta, p -valor e a conclusão do teste de Anderson - Darling, sendo o nível de significância de 0,05.	21

Lista de Figuras

1.1	Esquemas dos procedimentos computacionais para analisar os dados em ambos os sistemas: a) ALEP e b) CDB.	4
1.2	Comportamento do número de votações na ALEP e número de sessões na CDB.	7
1.3	Distribuição de probabilidade binomial $B[n, p]$. a) Quando o número de ensaios ($n = 54$) permanece constante e os valores da probabilidade de sucesso p variam. b) Quando o número de ensaios n varia e a probabilidade de sucesso ($p = 0,7$) permanece constante.	9
1.4	Densidades de probabilidade $beta(a, b)$ para diferentes valores dos parâmetros a e b . a) Quando $a < (b = 1)$, $a = b = 0,5$, $a > (b = 1)$ e $a > (b < 1)$. b) Quando $a, b > 1$ e $a \neq b$ tem-se formas unimodais da densidade de probabilidade.	10
2.1	Curvas de frequência parlamentar na ALEP. a) Curvas anuais originais, b) curvas anuais geradas com o modelo matemático proposto, c) curva de frequência da 17 ^a legislatura que abrange o período 2011 - 2015 e d) curva de frequência da 17 ^a legislatura em relação aos partidos políticos da ALEP.	17
2.2	Distribuição do número de parlamentares presentes por votação e os correspondentes ajustes à distribuição binomial do tipo $B[54, p]$ por ano e para a 17 ^a Legislatura completa (2011-2015). p é a probabilidade de sucesso no modelo binomial que, neste contexto, seria a probabilidade de um parlamentar estar presente numa votação.	20
2.3	Aproximação da fração de parlamentares presentes em uma votação pela distribuição beta, por ano e para um período legislativo completo.	22
2.4	Algumas das trajetórias correspondentes à 17 ^a legislatura (2011 - 2015) que caracterizam o comportamento de presença de alguns parlamentares da ALEP.	24
2.5	Análises das variâncias das séries de presença do sistema, em conjunto, em períodos de tempo anuais e de uma legislatura.	25

2.6	DFA da série temporal do parlamentar de <i>rank</i> de frequência 30 da ALEP correspondente à 17 ^a legislatura (2011 - 2015). Em vermelho e em função do tamanho das janelas a função de flutuação da série original, $F(s)$, bem como um ajuste linear de inclinação $h = 0,81$; em azul a função de flutuação da série embaralhada bem como um ajuste linear de inclinação $h = 0,51$	26
2.7	Expoentes de Hurst em relação à frequência parlamentar. A linha preta representa um ajuste linear dos dados que mostra uma certa tendência do expoente h em relação ao <i>ranking</i> ; \bar{h} é a média do conjunto de expoentes de Hurst.	28
3.1	Curvas de frequências dos parlamentares da CDB em cinco períodos legislativos estudados neste trabalho, do parlamentar mais frequente ao menos frequente.	30
3.2	Trajетórias de alguns parlamentares correspondentes à 49 ^a Legislatura (1991-1995).	32
3.3	Trajетórias da presença acumulada média da CDB para todas legislaturas estudadas neste trabalho.	32
3.4	Variância da série de presença parlamentar sob o conceito de caminhada aleatória, em função do número de passo n , para cinco legislaturas.	34
3.5	DFA das séries de presença de alguns parlamentares da 49 ^a Legislatura (1991 - 1995) em relação ao <i>ranking</i> de frequência. Em vermelho e em função ao tamanho das janelas, a função de flutuação $F(s)$, bem como o ajuste linear; em azul a função de flutuação da série embaralhada, bem como um ajuste linear.	36
3.6	Expoentes de Hurst vs o <i>ranking</i> do parlamentar da CDB ao longo dos períodos legislativos investigados. A linha preta é um ajuste linear dos dados que dá conta de uma certa tendência do expoente h no conjunto de parlamentares, \bar{h} é o expoente médio de Hurst.	37

Introdução

Com o estabelecimento da democracia como sistema político adotado por nações, o funcionamento das instituições políticas como entes que regularizam as condutas sociais têm sido de grande importância na vida dos cidadãos. O exercício de poder em um estado democrático é dividido em três poderes: o Poder Legislativo, que elabora leis, o Poder Executivo, que atua na execução de programas e de serviços públicos, e o Poder Judiciário, que soluciona conflitos entre cidadãos, entidades e o Estado. Os poderes do Estado, a princípio, atuam de forma separada e independente [1]. O Brasil, que adota o sistema democrático de direito, é uma República Federativa Presidencialista formada pela união de estados, Distrito Federal e municípios, em que o poder legislativo na esfera federal é exercido pelo Congresso Nacional, que se compõe da Câmara dos Deputados e do Senado Federal. A Câmara dos Deputados é composta por representantes do povo, eleitos pelo sistema proporcional em cada estado e no Distrito Federal. São 513 deputados federais, com mandato de quatro anos. O número de deputados federais é proporcional à população do estado ou do Distrito Federal, com o limite mínimo de oito e máximo de setenta deputados [2]. Ao contrário do poder legislativo na esfera federal, em que funciona um sistema de duas câmaras, o poder legislativo estadual se organiza em apenas uma câmara, que é chamada de Assembleia Legislativa, a qual tem como principais funções representar o povo, elaborar leis estaduais e fiscalizar o poder executivo e o uso dos recursos públicos do Estado. O número de deputados estaduais em cada assembleia legislativa depende diretamente do número de deputados federais de cada estado. Assim, quanto maior a população do estado, mais cadeiras haverá em sua assembleia. Enquanto os deputados federais cuidam de projetos de impacto nacional, os deputados estaduais cuidam de problemas regionais e locais, específicos dos estados [3].

O desempenho correto de um parlamento é de fundamental importância para a população que ele representa. Nesse sentido, muitas pessoas, não só aquelas especialistas em política, dedicam grandes esforços e interesse em estudar as formas de melhorar o funcionamento do parlamento em benefício da população. Nos últimos anos, têm aumentado a quantidade de pesquisas que utilizam conceitos e métodos da física estatística para estudar aspectos da sociedade [4, 5] e, em particular, aqueles ligados à política. Muitos deles têm como principal objetivo extrair padrões intrínsecos que governam a dinâmica de tais sistemas. Esse tipo de estudo faz parte da crescente multidisciplinaridade da Física

e, em particular, a política vem sendo estudada em diferentes escalas, desde os processos eleitorais [6, 7, 8] às interações entre indivíduos em cenários políticos específicos como um senado ou um parlamento de um país ou de um continente, como é o caso da União Europeia. No cenário parlamentar, há um crescente estudo dos elementos e das estruturas parlamentares [9, 10], da representatividade política [11], da eficiência parlamentar [12], das propostas parlamentares [13], da dinâmica das votações [14], etc.

Como deve estar claro, na essência do poder legislativo está a discussão das muitas questões que em maior ou menor grau interessam à população. Para essas discussões, sucessivas sessões parlamentares são necessárias, evidenciando, portanto, a importância da presença parlamentar nas sessões. Esses fatos indicam que investigar a presença de parlamentares significa nos concentrarmos em um dos aspectos básicos da nossa democracia.

Neste trabalho visamos estudar a dinâmica da presença parlamentar no Brasil no cenário federal (Câmara de Deputados do Brasil) e em um cenário estadual (a Assembleia Legislativa do Estado do Paraná). Para investigar a dinâmica da presença parlamentar nesses dois sistemas são utilizados elementos e ferramentas da Física Estatística, tais como frequência, distribuições de probabilidade, caminhada aleatória e análise destendenciada de flutuações. As análises são feitas para os dois sistemas de forma independente.

O trabalho é organizado como segue: o capítulo 1 é dedicado à apresentação dos dados a serem analisados e dos métodos empregados nas análises. No capítulo 2, a presença parlamentar é estudada, considerando-se cada deputado da Assembleia Legislativa do Estado de Paraná. Começamos com as distribuições da frequência parlamentar, e a seguir, empregando conceitos de caminhada aleatória, outros aspectos da dinâmica parlamentar são investigados. O mesmo tipo de análise é desenvolvido no capítulo 3 com base na Câmara dos Deputados do Brasil. Dedicamos o capítulo 4 às conclusões desses estudos.

Capítulo 1

Dados e conceitos

Este capítulo representa uma parte introdutória do estudo realizado sobre a presença parlamentar tanto na Assembleia Legislativa do Estado do Paraná (ALEP) quanto na Câmara de Deputados do Brasil (CDB). Iniciamos com uma descrição simplificada dos procedimentos levados a cabo na análise de dados para ambos os sistemas. A seguir, apresentamos características de ambos os sistemas junto com algumas informações extraídas das bases de dados. Por fim, expomos definições e conceitos tanto estatísticos quanto físicos que dão o suporte teórico às análises empreendidas ao longo deste estudo.

1.1 Análises de dados

Hoje em dia, muitas das pesquisas realizadas na Física dos sistemas complexos têm como principal fonte de dados a internet. Esse é justamente o caso dos dados investigados neste trabalho. Com o intuito de valorizar a relação e a importância da computação nesse tipo de trabalho, e mostrar como são feitas a coleta e a análise de dados, a seguir descrevemos de forma simplificada esses procedimentos para cada um dos sistemas estudados.

Os dados referentes à ALEP foram extraídos do site oficial da ALEP [15]. Os correspondentes dados referentes à CDB têm como origem o site oficial da CDB [16]. Em ambos os casos, empregamos um mesmo procedimento constituído por três processos: *download*, *preparação* e *análises*. A Figura 1.1 apresenta um esquema simplificado do procedimento para a análise de dados em cada um dos sistemas em consideração.

A presença parlamentar na ALEP é estudada a partir de dados de **votações** em sessões legislativas, enquanto que a presença parlamentar na CDB é estudada a partir de dados de **presença simples** registrada em um ato legislativo.

No processo de *download* utilizamos o *framework scrapy* do Python no caso da ALEP e as ferramentas do console do Ubuntu no caso da CDB. Para os processos de *preparação* e *análise*, utilizamos as ferramentas do console de ubuntu e o *software* Wolfram Mathematica 10, respectivamente. No caso da ALEP, cada votação é registrada em arquivos do

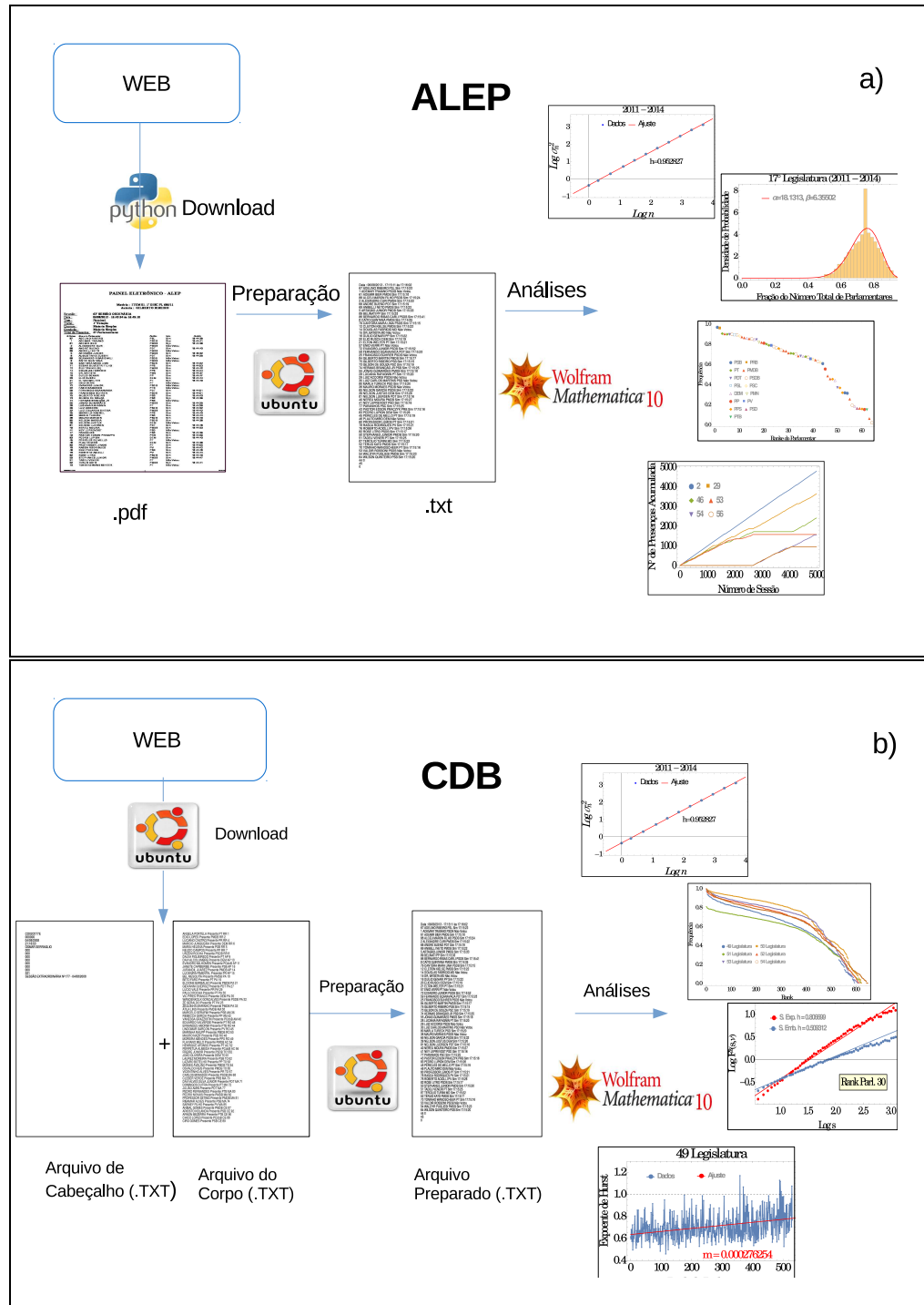


Figura 1.1: Esquemas dos procedimentos computacionais para analisar os dados em ambos os sistemas: a) ALEP e b) CDB.

tipo PDF que contém tanto a informação básica da sessão quanto a informação da presença e tempo de votação de cada parlamentar. No caso da CDB, cada sessão legislativa é registrada em dois arquivos do tipo TXT: um, que é o arquivo de cabeçalho que fornece informação resumida da sessão, e o outro, que é o corpo que fornece só a informação da presença de cada parlamentar.

1.2 Sobre a CDB

O poder legislativo desempenha três funções primordiais para a consolidação da democracia: representar o povo brasileiro, legislar sobre os assuntos de interesse nacional e fiscalizar a aplicação dos recursos públicos.

Nesse contexto, a princípio, a Câmara dos Deputados exerce atividades que viabilizam a realização dos anseios da população mediante discussão e aprovação de propostas referentes a áreas econômicas e sociais.

A Câmara dos Deputados compõe-se de representantes de todos os estados e do Distrito Federal, revelando-se uma casa legislativa plural. O art.45 da Constituição Federal determina que o número total de deputados, bem como a representação por estado e pelo Distrito Federal, deve ser estabelecido por lei complementar, proporcionalmente à população, procedendo-se aos ajustes necessários no ano anterior às eleições para que nenhuma das unidades da federação tenha menos de oito ou mais de setenta deputados [1].

A lei complementar n° 78, de 30 de dezembro de 1993, estabelece que o número de deputados não pode ultrapassar quinhentos e treze. Hoje, a câmara dos deputados é composta por exatamente 513 deputados [1].

O Congresso Nacional trabalha em períodos de tempo próprios: o mandato dos senadores é de oito anos, mas o mandato dos deputados é de quatro anos. Uma *legislatura* é o período de quatro anos, em que o Congresso Nacional exerce as atribuições previstas na Constituição Federal. Cada Legislatura é dividida, anualmente, em duas sessões legislativas. Cada sessão legislativa ordinária tem início em 2 de fevereiro e é interrompida em 17 de julho, reiniciada em 1 de agosto e encerrada em 22 de dezembro [1].

O estudo da presença parlamentar na CDB abrange um período de 22 anos, correspondente a cinco legislaturas. Os dados de 1999 a 2003 não são incluídos nas análises subsequentes, pois houve problemas na aquisição desses dados. Dos dados, extraímos algumas informações pertinentes à presença parlamentar, que são apresentadas na Tabela 1.1.

1.3 Sobre a ALEP

A Assembleia Legislativa do Estado do Paraná representa o poder legislativo do Estado do Paraná. As suas principais funções, como qualquer outra assembleia legislativa

Tabela 1.1: Informações referentes à CDB. O número de parlamentares representa a soma dos 513 parlamentares titulares mais os parlamentares suplentes que exerceram funções no dado período legislativo.

Nº Legislatura	49	50	52	53	54
Período	1991 - 1995	1995 - 1999	2003 - 2007	2007 - 2011	2011 - 2015
Nº de votações ^a	357	414	561	659	707
Nº dias de votação	338	354	390	429	392
Nº parlamentares	595	623	616	608	648
Nº partidos políticos	29	22	24	23	29

^aA votação é a última etapa da tramitação de uma proposição. Entretanto, pode acontecer que aspectos ou partes de uma dada proposição exijam mais de uma votação.

estadual, são representar o povo, legislar (criar, modificar e proclamar leis) e fiscalizar o poder executivo e o uso dos recursos públicos.

Portanto, os deputados estaduais possuem rotinas de trabalho bem semelhantes às dos deputados federais, cuidam de problemas regionais e locais, específicos do estado. Os deputados estaduais são eleitos pelo voto popular, criam projetos de lei, discutem e votam projetos de lei de seus colegas e também ficam atentos às ações do governador para saber se ele tem cumprido seu papel e se o poder público tem aplicado adequadamente os recursos públicos, sempre observando a lei [3].

Em particular, a ALEP está constituída por 54 deputados titulares e a cada um corresponde um deputado suplente, que exerce as funções do deputado titular em sua ausência. A Tabela 1.2 apresenta informação resumida da ALEP pertinente à presença parlamentar. O período investigado da ALEP começa em fevereiro de 2011 e chega até

Tabela 1.2: Informações referentes à ALEP. O número de parlamentares representa a soma dos 54 parlamentares titulares mais os parlamentares suplentes que exerceram funções no dado ano.

Anos	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Nº de votações	1276	1393	1311	1007	873	851
Nº dias de votação	106	109	125	92	113	114
Nº parlamentares	56	56	56	58	56	55
Nº partidos políticos	15	16	17	14	17	17

dezembro de 2016. Já que cada período legislativo consta de quatro anos, neste trabalho abrangemos um período legislativo completo correspondente à décima sétima legislatura (2011 - 2015) mais dois anos da décima oitava legislatura (2015 - 2019).

A Figura 1.2 ilustra o funcionamento da ALEP a partir do número de votações por ano e da CDB do número de sessões legislativas por ano. No caso da ALEP, o número de votações por ano representa um comportamento decrescente, enquanto que na CDB o comportamento é crescente para o número de sessões. A proporção de sessões na CDB por ano é da ordem de 10% das votações por ano na ALEP.

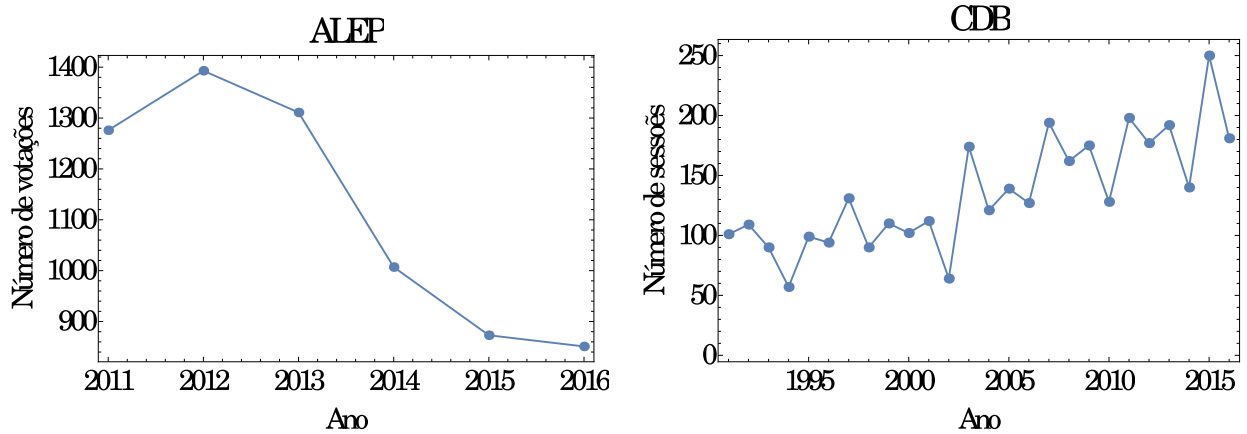


Figura 1.2: Comportamento do número de votações na ALEP e número de sessões na CDB.

1.4 Definições estatísticas

Na sequência, damos algumas definições de estatística que serão úteis para um melhor entendimento das análises empreendidas neste estudo [17].

1. **Experimento aleatório:** os experimentos aleatórios constituem situações onde os acontecimentos possuem variabilidade de ocorrência, isto é, o mesmo experimento pode ter vários resultados diferentes.
2. **Espaço amostral:** é o conjunto que contém todos os possíveis resultados de um experimento.
3. **Evento:** um subconjunto do espaço amostral.
4. **Variável aleatória:** é uma função real definida no espaço amostral.
5. **Noção clássica probabilidade de um evento:** se todos os resultados de um experimento aleatório são igualmente prováveis, então a probabilidade de um evento A é dada por

$$P(A) = \frac{\text{Número de resultados no evento A}}{\text{Número total de resultados no espaço amostral}}$$

6. **Distribuição de probabilidade de uma variável aleatória:** é um modelo teórico que descreve a forma em que variam os resultados de um experimento aleatório, ela fornece todas as probabilidades de todos os possíveis resultados que se poderia obter quando é realizado um experimento. As distribuições de probabilidade se classificam em discretas e contínuas.
7. **Variável aleatória discreta:** uma variável aleatória que assume valores discretos. Considere uma variável numérica i que assume valores inteiros e suponha que a cada

valor de i esteja associado um número real p_i , não negativo,

$$p_i \geq 0, \quad (1.1)$$

tal que

$$\sum_i p_i = 1. \quad (1.2)$$

Caso isso aconteça, i será uma variável aleatória discreta e p_i será a distribuição de probabilidade da variável aleatória i [18].

8. **Variável aleatória contínua:** uma variável aleatória contínua x pode assumir qualquer valor sobre a reta real. Nesse caso, é associada uma probabilidade a cada intervalo da reta. A probabilidade de que a variável aleatória x esteja no intervalo $[a, b]$ é

$$\int_a^b \rho(x) dx, \quad (1.3)$$

em que $\rho(x)$ é a densidade de probabilidade, que deve ter as propriedades

$$\rho(x) \geq 0 \quad (1.4)$$

e

$$\int_{-\infty}^{\infty} \rho(x) dx = 1. \quad (1.5)$$

A distribuição acumulada de probabilidade $F(x)$ é definida por

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \rho(y) dy, \quad (1.6)$$

a qual é uma função monotônica crescente [18].

9. **Momentos:** o k -ésimo momento de um conjunto de N valores $\{x_i\} = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ é dado pela formula:

$$E\{x_i^k\} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^k$$

10. **Esperança matemática ou média aritmética:** é o primeiro momento do conjunto de valores $\{x_i\}$

$$E\{x_i\} = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

11. **Variância:** é o segundo momento do conjunto de dados $\{x_i\}$ em torno da média

aritmética \bar{x}

$$E\{x_i^2\} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

1.5 Distribuição binomial

Um experimento binomial envolve n ensaios idênticos e independentes. Cada ensaio pode assumir um de dois possíveis resultados, especificamente, sucesso ou fracasso, chamado também experimento de Bernoulli [19]. Se p é a probabilidade de observar um sucesso em cada ensaio, então o número de sucessos X que pode ser observado dos n ensaios é referido como uma variável aleatória binomial de n ensaios e probabilidade de sucesso p . A probabilidade de observar k sucessos de n ensaios é dada pela seguinte função de probabilidade:

$$P(X = k|n, p) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n, \quad \binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad (1.7)$$

A distribuição binomial é frequentemente usada para estimar ou determinar a proporção de indivíduos que possuem um atributo particular em uma população grande.

Uma distribuição binomial com n ensaios e probabilidade de sucesso p é denotada por $B(n, p)$. A Figura 1.3 apresenta algumas formas da distribuição binomial para diferentes valores dos parâmetros n e p .

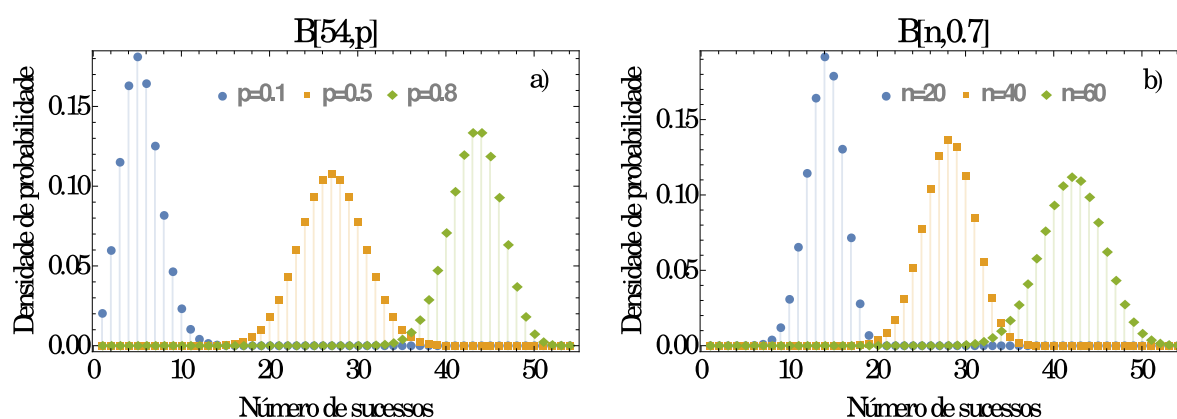


Figura 1.3: Distribuição de probabilidade binomial $B[n, p]$. a) Quando o número de ensaios ($n = 54$) permanece constante e os valores da probabilidade de sucesso p variam. b) Quando o número de ensaios n varia e a probabilidade de sucesso ($p = 0,7$) permanece constante.

A distribuição binomial é alongada para a direita quando $p < 0,5$, alongada para a esquerda quando $p > 0,5$ e simétrica quando $p = 0,5$, como mostramos na Figura 1.3. Para n grande, a distribuição binomial é simétrica em torno da sua média np [17].

1.6 Distribuição beta

A densidade de probabilidade de uma variável aleatória beta com parâmetros de forma a e b é dada por:

$$\text{beta}(x|a, b) = \frac{1}{B(a, b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1}, \quad 0 < x < 1, \quad a > 0, \quad b > 0, \quad (1.8)$$

em que $B(a, b) = \Gamma(a)\Gamma(b)/\Gamma(a+b)$. A seguir, apresentamos várias representações gráficas da densidade de probabilidade beta para diferentes valores de a e de b .

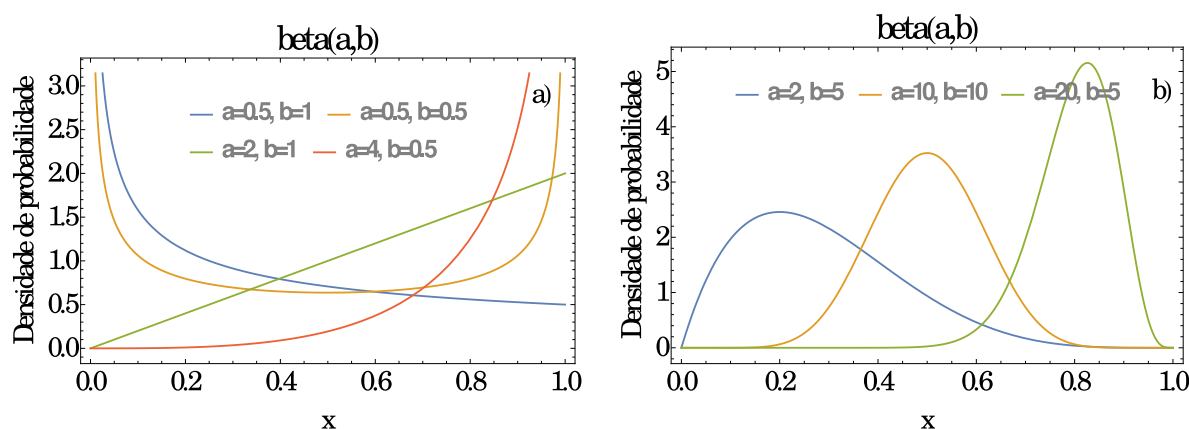


Figura 1.4: Densidades de probabilidade $\text{beta}(a, b)$ para diferentes valores dos parâmetros a e b . a) Quando $a < (b = 1)$, $a = b = 0, 5$, $a > (b = 1)$ e $a > (b < 1)$. b) Quando $a, b > 1$ e $a \neq b$ tem-se formas unimodais da densidade de probabilidade.

Podemos observar, dos gráficos da Figura 1.4, que a função de densidade beta tem forma de U quando $a < 1$ e $b < 1$, é simétrica em torno do ponto $0,5$ quando $a = b > 1$, tem forma de J quando $(a - 1)(b - 1) < 0$ e é unimodal para outros valores de a e b [17].

1.6.1 Teste de Anderson - Darling

O teste de Anderson - Darling foi desenvolvido em 1952 por Theodore Anderson e Donald Darling [20, 21, 22]. Trata-se de um teste estatístico que verifica se um conjunto de dados segue ou não uma certa distribuição de probabilidade. O teste envolve o cálculo da *estatística de Anderson-Darling*, AD . Podemos usar o teste de Anderson - Darling para comparar o quão bom o conjunto de dados se ajusta a diferentes distribuições.

A *estatística de Anderson - Darling* é dada pela seguinte fórmula:

$$AD = -N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (2i - 1) [\text{Ln}F(X_i) + \text{Ln}(1 - X_{N-i+1})], \quad (1.9)$$

em que N é tamanho da amostra, $F(X)$ é a função de distribuição acumulada da *distribuição específica* e i é a i -ésima amostra do conjunto de dados ordenados crescentemente.

As duas hipóteses para o teste de Anderson - Darling para alguma distribuição específica são:

H_0 : Os dados seguem uma distribuição específica.

H_1 : Os dados não seguem a distribuição específica.

Em muitos casos (mas não em todos), podemos determinar um *p*-valor para a estatística de Anderson - Darling (*AD*) e usar esse valor para determinar se o teste é significativo ou não. O *p*(probabilidade)-valor é a probabilidade de se obter um resultado que é mais extremo do que aquele que realmente se tem obtido (a estatística *AD* calculada), supondo que a hipótese nula é verdadeira [23]. Se o *p*-valor é baixo (por exemplo $\leq 0,05$), concluímos que os dados não seguem a distribuição específica testada. A escolha do nível de significância α é arbitrária, sendo comum escolher $\alpha = 0,05$ ou $\alpha = 0,01$.

O cálculo do *p*-valor não é fácil, existem diferentes equações para seu cálculo, dependendo do valor de *AD* e da distribuição específica que está sendo testada. Assim, se a estatística *AD* excede o *p*-valor, o teste Anderson - Darling rejeita a hipótese nula com um nível de significância α .

1.7 Caminhada aleatória

Os passeios ou caminhadas aleatórias são obtidos a partir de uma sucessão x_n ($n = 1, 2, \dots$) de variáveis aleatórias definidas em um espaço probabilístico. Uma caminhada aleatória é um processo estocástico S_n definido como

$$S_n = S_0 + \sum_{k=1}^n x_k,$$

em que S_0 é uma constante. Uma trajetória do processo é aquele conjunto de valores que o processo assume. A variável x_i representa um passo da caminhada. Um caso simples de caminhada aleatória corresponde aos x_i 's independentes e identicamente distribuídos.

1.7.1 Variância em caminhadas aleatórias

Consideremos a soma de n variáveis aleatórias x_i independentes e identicamente distribuídas:

$$S_n = x_1 + x_2 + \dots + x_n. \quad (1.10)$$

Aqui, $S_n \equiv x(n\Delta t)$ pode ser considerada como a soma de n variáveis aleatórias ou como a posição de uma caminhada simples no tempo $t = n\Delta t$, em que n é o número de passos executados e Δt o intervalo de tempo necessário para executar um passo. As variáveis aleatórias identicamente distribuídas $\{x_i\}$ são caracterizadas por momentos $E\{x_i^n\}$ que não dependem de i .

O exemplo mais simples é uma caminhada aleatória com tamanho de passo s tal que x_i assume os valores $\pm s$ de maneira completamente aleatória. Com o termo *completamente aleatória* queremos afirmar que os valores $\pm s$ são equiprováveis e o valor de cada passo é completamente independente dos anteriores. O primeiro e o segundo momento desse processo são:

$$E\{x_i\} = 0 \quad \text{e} \quad E\{x_i^2\} = s^2. \quad (1.11)$$

Para essa caminhada aleatória, obtemos

$$E\{x_i x_j\} = \delta_{ij} s^2 \quad (1.12)$$

De 1.10 e 1.12, temos que

$$E\{x(n\Delta t)\} = \sum_{i=1}^n E\{x_i\} = 0 \quad (1.13)$$

e

$$E\{x^2(n\Delta t)\} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n E\{x_i x_j\} = \sum_{i=1}^n E\{x_i^2\} = ns^2. \quad (1.14)$$

Para uma caminhada aleatória, a variância de um processo cresce linearmente com o número de passos n [18, 24].

Partindo de uma caminhada aleatória discreta, podemos alcançar um limite contínuo, que por completeza, e de forma breve e simplificada, descrevemos a seguir. O limite contínuo de uma caminhada aleatória pode ser alcançado considerando o limite $n \rightarrow \infty$ e $\Delta t \rightarrow 0$ tal que $t \equiv n\Delta t$ seja finito. Então,

$$E\{x^2(t)\} = ns^2 = \frac{s^2}{\Delta t} t. \quad (1.15)$$

Para ter consistência nos limites $n \rightarrow \infty$ e $\Delta t \rightarrow 0$ usa-se $s^2 = D\Delta t$, com D constante. Daí, segue que

$$E\{x^2(t)\} = Dt. \quad (1.16)$$

A dependência linear da variância de $x^2(t)$ sobre t é uma característica de um processo difusivo normal (usual), em que D é chamado de coeficiente de difusão.

Para termos uma ideia mais completa da variância em relação ao número de passos, a seguir descrevemos o caso em que

$$E\{x_i x_j\} \neq \delta_{ij} s^2. \quad (1.17)$$

Com isso, reescrevemos a equação 1.14 da seguinte forma:

$$E\{x^2(n\Delta t)\} = E\left\{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{j=1}^n x_j\right\} = \sum_{i=1}^n E\{x_i^2\} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \sum_{j=1}^n E\{x_i x_j\} \quad (1.18)$$

Tomando como base a equação 1.18, podemos considerar dois casos. O primeiro é o caso em que

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \sum_{j=1}^n E\{x_i x_j\} > 0.$$

Nesse caso, as correlações positivas se sobrepõem às negativas e $E\{x^2(n\Delta t)\}$ será sistematicamente maior do que $s^2 n$. Por outro lado, se

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \sum_{j=1}^n E\{x_i x_j\} < 0$$

as correlações negativas se sobrepõem às positivas e $E\{x^2(n\Delta t)\}$ será sistematicamente menor do que $s^2 n$. Tudo isso deve conduzir a uma versão mais completa da variância. Nesse contexto, é comum depararmos com

$$E\{x^2(n\Delta t)\} = s^2 n^\alpha. \quad (1.19)$$

Na equação 1.19, com $\alpha > 1$, temos correlações persistentes de longo alcance. Similarmemente, com $\alpha < 1$, temos correlações antipersistentes de longo alcance [24, 25]. Em conexão com os processos difusivos, quando $\alpha \neq 1$, se diz que o processo é uma difusão anômala. Para $0 < \alpha < 1$, há subdifusão, para $1 < \alpha < 2$, há superdifusão. O caso especial $\alpha = 2$ é chamado de movimento balístico, enquanto que $\alpha = 1$ corresponde à difusão normal, também chamada de difusão usual ou movimento browniano [26, 27].

1.8 DFA

A Análise Destendenciada de Flutuações (DFA), do inglês *Detrended Fluctuation Analysis*, originalmente, foi introduzida por Peng *et al* [28] e tem sido utilizada como um método importante para detectar, de forma confiável, a autocorrelação de longo alcance em séries temporais não estacionárias.

A seguir, descrevemos o procedimento para o cálculo do DFA.

Dada uma série temporal $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, o primeiro passo é calcular

$$Y(i) \equiv \sum_{k=1}^i [x_k - \bar{x}], \quad i = 1, \dots, N, \quad (1.20)$$

com \bar{x} sendo o valor médio do conjunto de dados:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k.$$

A equação 1.20 corresponde a uma caminhada aleatória com incrementos $x_k - \bar{x}$.

O segundo passo é dividir o perfil $Y(i)$ em $N_s \equiv \text{int}(N/s)$ segmentos não sobrepostos de igual tamanho s . Já que o comprimento N da série em geral não é múltiplo inteiro da escala de tempo (s) considerada, uma pequena parte ao final de $Y(i)$ pode sobrar. Para não descartar essa parte da série, o mesmo procedimento é repetido começando do extremo oposto da série, assim $2N_s$ segmentos são obtidos.

O terceiro passo é calcular a tendência local em cada um dos $2N_s$ segmentos. Para isso, utilizamos o método de mínimos quadrados. A seguir, determinamos a "variância"

$$F^2(s, \nu) \equiv \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{Y[(\nu - 1)s + i] - y_\nu(i)\}^2 \quad (1.21)$$

para cada segmento ν , $\nu = 1, \dots, N_s$ e

$$F^2(s, \nu) \equiv \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{Y[N - (\nu - N_s)s + i] - y_\nu(i)\}^2. \quad (1.22)$$

para cada $\nu = N_s + 1, \dots, 2N_s$. Aqui, $y_\nu(i)$ é o polinômio ajustado por mínimos quadrados no segmento ν .

A ordem do polinômio a ser ajustado em cada segmento pode ser, por exemplo, de ordem zero, linear, quadrática, cúbica ou maior (convencionalmente chama-se DFA0, DFA1, DFA2, DFA3, ...). Já que a eliminação da tendência é realizada pela subtração da série temporal pelo polinômio ajustado ao perfil, as diferentes ordens do DFA estão relacionadas à capacidade de eliminar tendências da série. Em uma DFA de ordem m (DFAm), as tendências de ordem m da série $Y(i)$ (ou equivalentemente, a tendência de ordem $m - 1$ na série original) são eliminadas.

Com isso, uma comparação dos resultados para diferentes ordens da DFA permite estimar o tipo de tendência polinomial na série temporal.

A média da variância sobre todos os segmentos é a função de flutuação:

$$F(s) \equiv \frac{1}{2N_s} \left\{ \sum_{\nu=1}^{2N_s} [F^2(s, \nu)] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (1.23)$$

Esse procedimento é repetido para todos os $s = 2, 3, \dots, [N/4]$ com a finalidade de obtermos a dependência de F sobre s . É comum a função de flutuação aumentar de acordo como uma lei de potência:

$$F(s) \propto s^h, \quad (1.24)$$

em que o expoente h é conhecido como *expoente de Hurst*. Esse comportamento da função de flutuação está diretamente relacionado com a estrutura de correlação da série.

Um valor de $h = 0,5$ indica que não há correlações (ou só existem correlações de curto alcance). Se $h > 0,5$ para todas as escalas s , os dados possuem correlações de longo alcance. Quanto maior o expoente h , mais fortes são as correlações na série. Nesse caso, valores grandes (pequenos) são mais prováveis de serem seguidos por valores grandes (pequenos). O caso de $h < 0,5$ corresponde à existência de anticorrelações de longo alcance, o que significa que os valores grandes são mais prováveis de serem seguidos por valores pequenos e vice-versa [29, 30].

Capítulo 2

Presença parlamentar na ALEP

Neste capítulo, investigamos empiricamente a presença parlamentar na ALEP. Inicialmente, estudamos a frequência de cada parlamentar. A seguir, empregamos dois modelos estatísticos que tentam descrever o comportamento do *número de parlamentares presentes em cada sessão de votação* ao longo de um ano, como também ao longo de um período legislativo completo. Na segunda parte deste capítulo, empreendemos uma abordagem da presença parlamentar em que utilizamos conceitos de caminhada aleatória para descrever características da dinâmica da presença parlamentar. Por fim, na última parte deste capítulo estudamos via DFA a correlação temporal na série de presença de cada parlamentar ao longo de um período de tempo anual, bem como ao longo de um período legislativo completo.

2.1 Frequências dos parlamentares

O estudo da ALEP abrange os anos 2011 a 2016, período em que aconteceram a 17^a legislatura (2011-2015) e os dois primeiros anos da 18^a legislatura (2015-2019). Pelo fato de possuir em torno de 1000 votações por ano, foi feito um estudo anual e de quatro anos da frequência parlamentar. Para investigar a presença de cada parlamentar em um dado período de tempo utiliza-se a seguinte frequência:

$$f_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{Tj}}, \quad (2.1)$$

em que f_{ij} é a frequência relativa do parlamentar i no ano j , com valor entre 0 e 1, N_{ij} é o número de votações do parlamentar i no ano j e N_{Tj} é o número total de votações no ano j . Dessa forma, calculadas as frequências de todos os parlamentares é possível elaborar uma *curva de frequências*, que é a frequência de um parlamentar em relação à posição no *rank*. Assim, o primeiro ponto à esquerda da curva representa o parlamentar mais frequente, e o último ponto à direita o parlamentar menos frequente. Na Figura 2.1, apresentamos as curvas de frequências para cada ano, assim como para um período legislativo completo.

A forma da curva de frequência fornece uma visão geral da presença parlamentar na

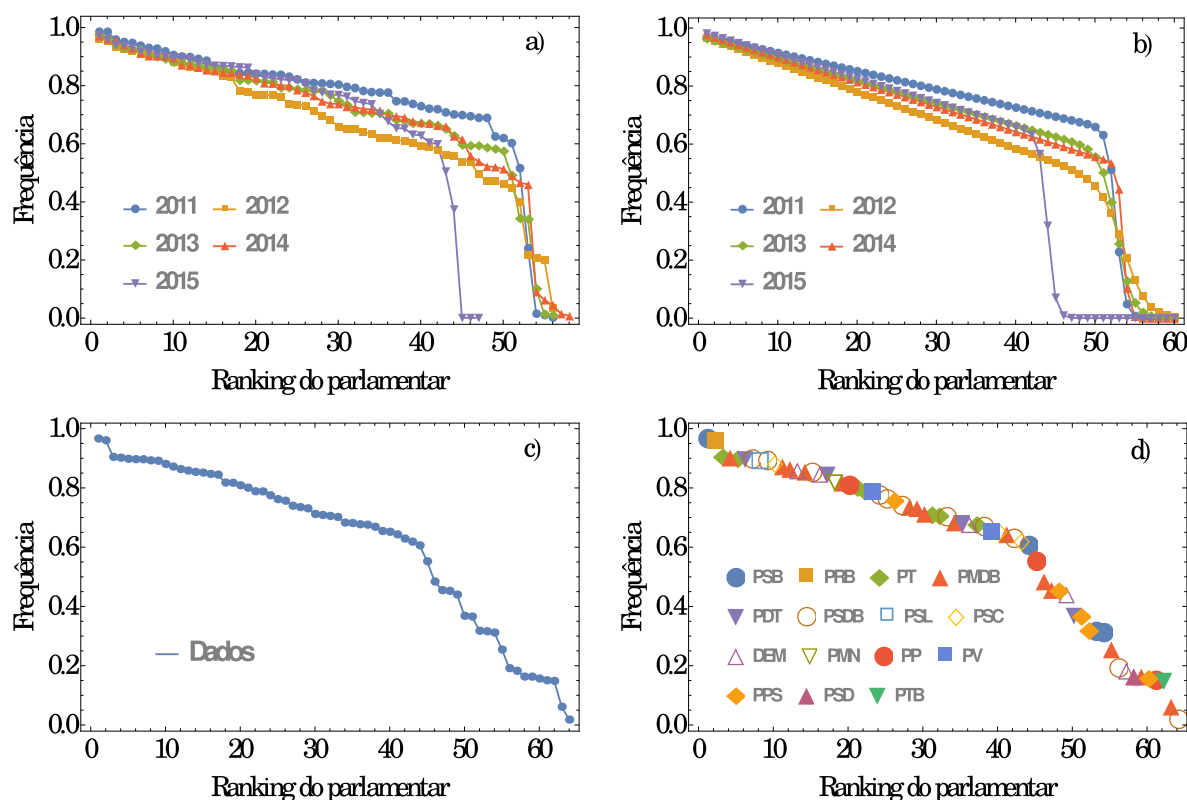


Figura 2.1: Curvas de frequência parlamentar na ALEP. a) Curvas anuais originais, b) curvas anuais geradas com o modelo matemático proposto, c) curva de frequência da 17^a legislatura que abrange o período 2011 - 2015 e d) curva de frequência da 17^a legislatura em relação aos partidos políticos da ALEP.

ALEP. Da Figura 2.1, podemos apreciar que há parlamentares que assumem o cargo com maior compromisso no sentido de maior presença em atos de votação e que, portanto, têm maior taxa de presença ou frequência de assistência em um dado período de tempo. Cada parlamentar tem uma frequência característica que parece ser independente dos demais.

No gráfico (a) da Figura 2.1, observamos uma mesma estrutura das curvas, em que cada uma delas exibe dois regimes: o primeiro é aquele em que as frequências decrescem suave e quase linearmente, e o segundo é aquele em que as frequências decrescem mais abruptamente. De maneira geral, o regime quase linear representa as frequências dos parlamentares titulares que são, os que por natureza, têm maior presença; o regime de decrescimento abrupto é constituído tanto por parlamentares titulares pouco frequentes, que efetivamente tiveram dificuldades para o exercício do cargo, quanto por parlamentares suplentes.

Dada a semelhança da estrutura das curvas de frequência anuais, propomos um modelo matemático que tenta descrever esse comportamento de dois regimes. O modelo é o produto de uma função linear e uma função ocupação baseada no modelo do número

médio de partículas seguindo a estatística de Fermi-Dirac [31]:

$$f(x, A, \alpha, \beta, \epsilon) = A \frac{1 - \alpha x}{1 + e^{\beta(x-\epsilon)}}. \quad (2.2)$$

A parte linear das curvas de frequência anual tem maior peso até o ponto em que $x \approx \epsilon$, a partir do qual a parte exponencial adquire maior peso. O parâmetro A representa a amplitude inicial da curva (uma aproximação da maior frequência relativa), o parâmetro α representa a inclinação da região linear e o parâmetro β , em analogia ao fator exponencial na distribuição de Fermi-Dirac, indica quão mais abrupto é o regime após a parte linear suave. As curvas geradas pelo modelo matemático da equação 2.2 são apresentadas no gráfico (b) da Figura 2.1. Por sua vez, a Tabela 2.1 apresenta os parâmetros ajustados pelo método de mínimos quadrados [32] em cada uma das curvas anuais.

Tabela 2.1: Valores ajustados da equação 2.2 às curvas de frequências anuais e o correspondente coeficiente de correlação de Person (R^2), que indica a qualidade do ajuste.

Parâmetros/Anos	2011	2012	2013	2014	2015
A	0.98	0.98	0.97	0.99	0.99
α	0.0064	0.0102	0.0081	0.0089	0.0084
β	1.90	0.70	1.02	3.04	2.08
ϵ	52.7	53.8	52.9	53.6	44.02
R^2	0.9996	0.9992	0.9993	0.9987	0.9988

No gráfico (c) da Figura 2.1, apresentamos uma curva de frequência que abrange a 17^a legislatura completa (2011-2015). Ali, verificamos uma curva de frequência ligeiramente diferente das curvas de frequência anual, por causa de um maior número de deputados que interrompem a atividade parlamentar e, conseqüentemente, maior participação dos parlamentares suplentes. Nesse caso, parece que a curva está composta por dois regimes aproximadamente lineares e não observamos mais um decaimento tão abrupto. Igualmente ao caso anual, o primeiro regime tipo linear da curva é composto pelos parlamentares titulares, que são os que em maior número de vezes compareceram para votar e o segundo regime, (tipo linear) da curva é composto tanto por parlamentares titulares de menor assistência quanto por parlamentares suplentes.

No gráfico (d) da Figura 2.1, apresentamos uma curva de frequência que abrange a 17^a legislatura (2011-2015) e indica o partido político a que está filiado cada parlamentar. Uma inspeção visual desse gráfico indica que não há uma ocupação preferencial de um partido político sobre a curva de frequência, o que sugere que o partido político de um parlamentar pode não ter influência na presença do parlamentar em sessões de votação.

2.2 Modelo binomial

Consideramos um modelo teórico que tenta descrever tanto uma característica em grupo quanto individual da presença parlamentar na ALEP. Concretamente, propomos o modelo binomial para descrever a forma em que varia *o número de parlamentares presentes em cada sessão de votação*, já que cada parlamentar parece agir de forma independente. O fato de ir ou não votar pode ser assumido como um experimento de Bernoulli, em que é assumido o valor 1 quando um parlamentar está presente em uma votação e 0 em caso contrário. Assim, *o número total de parlamentares presentes por votação*, que é a soma dos resultados individuais, consideramos como uma variável aleatória binomial. Com isso, realizamos uma aproximação da distribuição de probabilidade do número de parlamentares presentes em uma votação por uma distribuição binomial, tanto para períodos anuais quanto para uma legislatura completa. A distribuição binomial ajustada aos dados fornece a probabilidade de n parlamentares estarem presentes em uma votação. Tendo em conta a qualidade do ajuste dos dados experimentais ao modelo binomial, é possível saber se a presença dos parlamentares em votações se comporta como uma variável aleatória que obedece a um modelo binomial.

Já que a ALEP está constituída por 54 parlamentares titulares, em cada sessão de votação são sorteados 54 experimentos de Bernoulli, cada um deles representa a presença ou ausência de um parlamentar que age de forma independente dos demais. Portanto, as funções de distribuição binomial em cada período em consideração são da forma $B[n, p] = B[54, p]$, em que 54 é o número de ensaios e p a probabilidade de sucesso de cada ensaio, ou seja, p é a probabilidade de um parlamentar estar presente em uma votação. Na Figura 2.2 apresentamos os resultados obtidos.

Pela qualidade do ajuste dos dados de *número de parlamentares presentes em uma votação*, a distribuição binomial, tanto para cada ano quanto para um período legislativo completo, contemplados na Figura 2.2, podemos afirmar que a presença parlamentar não é bem representada por um modelo binomial. No entanto, assumindo a presença parlamentar como descrita por um modelo binomial $B[54, p]$ teríamos que a probabilidade de sucesso, ou equivalentemente, a probabilidade de que um parlamentar esteja presente em um ato de votação seria sempre maior do que 0,7. Cabe notar que um motivo para essa discrepância entre o modelo binomial e os dados é que esse modelo contém apenas uma frequência relativa p para todos os parlamentares, em contraste ao observado na Figura 2.1.

2.3 Modelagem via distribuição beta

Na procura por um modelo teórico que represente o comportamento coletivo da presença parlamentar, nesta seção estudamos a possibilidade de representar o *número de*

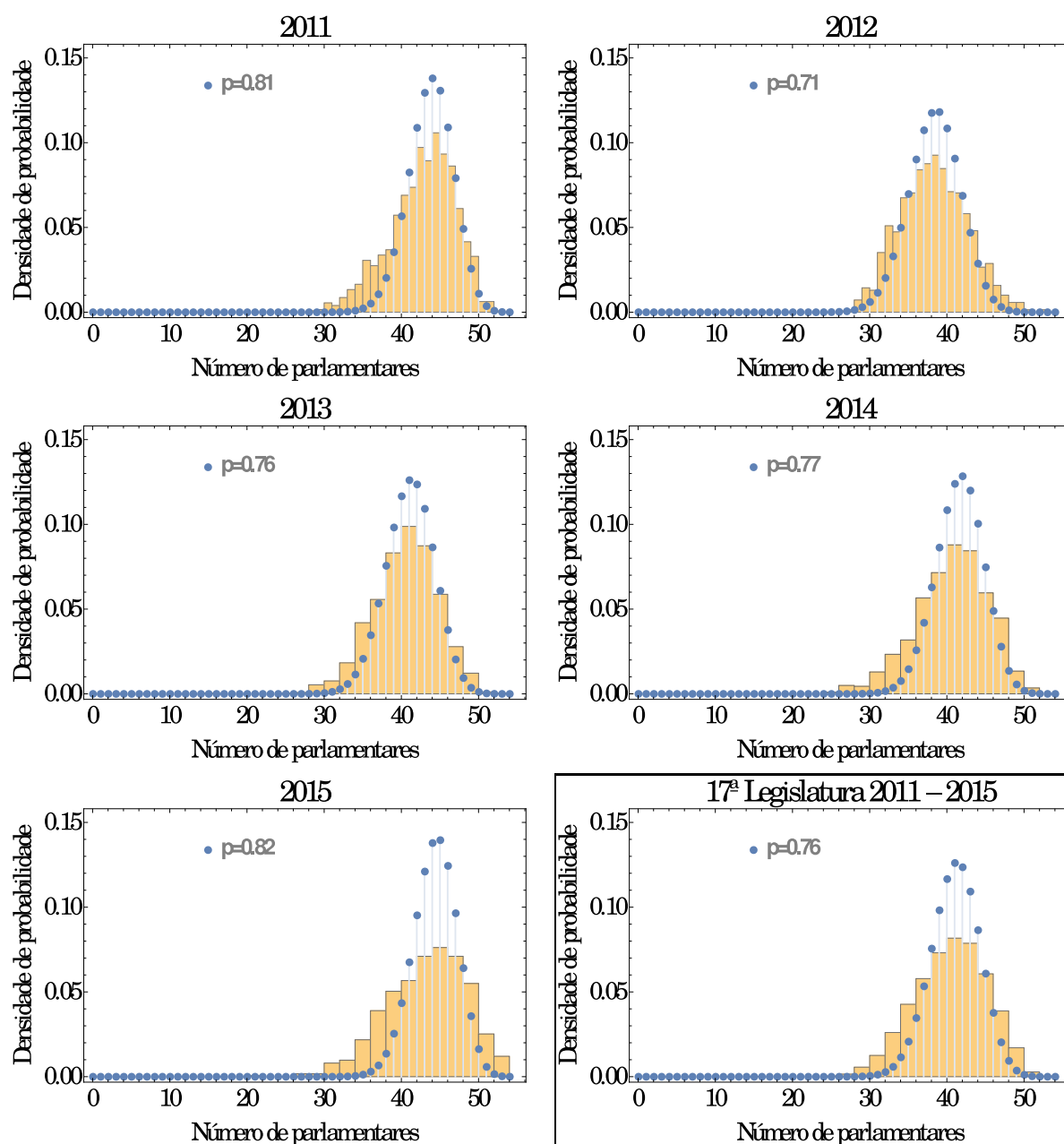


Figura 2.2: Distribuição do número de parlamentares presentes por votação e os correspondentes ajustes à distribuição binomial do tipo $B[54, p]$ por ano e para a 17ª Legislatura completa (2011-2015). p é a probabilidade de sucesso no modelo binomial que, neste contexto, seria a probabilidade de um parlamentar estar presente numa votação.

parlamentares presentes em uma votação como sendo uma variável que obedece a uma distribuição de probabilidade beta. A escolha da distribuição beta se deve à flexibilidade e à variedade de formas que ela adota quando são variados os seus parâmetros. Neste estudo, o suporte da distribuição beta é o intervalo $[0, 1]$, pois a variável a ser considerada é a *fração de parlamentares presentes numa votação*, estimada por

$$f_r = \frac{\text{Número total de parlamentares presentes numa votação}}{\text{Número total de parlamentares}}. \quad (2.3)$$

Na Figura 2.3 apresentamos os dados experimentais e os ajustes à distribuição beta pelo método de máxima verossimilhança [17, 32]. Uma inspeção visual dessa figura é suficiente para indicar que o ajuste via distribuição beta é bem melhor que por uma distribuição binomial (Figura 2.2). Para descartar o critério puramente visual dos ajustes, aplicamos o teste de Anderson - Darling para verificar se a fração de presença parlamentar segue uma distribuição beta. A Tabela 2.2 resume os resultados obtidos.

Tabela 2.2: Para cada ano, parâmetros ajustados da distribuição beta, p -valor e a conclusão do teste de Anderson - Darling, sendo o nível de significância de 0,05.

Anos	2011	2012	2013	2014	2015	2016
α	19.41	20.63	20.74	17.42	12.89	14.17
β	4.93	8.83	6.76	5.60	3.39	4.58
p -valor	0.0092	0.00053	0.014	0.068	0.052	0.097
Conclusão do teste	Rejeita	Rejeita	Rejeita	Não Rejeita	Não Rejeita	Não Rejeita

De acordo com o teste de Anderson - Darling, em alguns anos a distribuição beta pode descrever bem o comportamento da fração de parlamentares presentes em uma votação, no entanto em outros anos não seria um modelo tão bom para descrever o comportamento dessa variável. Em todos os casos, tem-se $\alpha > 1$ e $\beta > 1$, o que resulta em formas unimodais da distribuição beta.

2.4 Caminhadas aleatórias

Nesta parte, estudamos aspectos da dinâmica da presença parlamentar na ALEP por meio de conceitos de caminhada aleatória e, para isso, começamos descrevendo como os dados podem ser considerados. Como vimos no capítulo 1, uma série temporal genérica de uma caminhada aleatória de tamanho n é da forma

$$\{x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_{n-1}, x_n\},$$

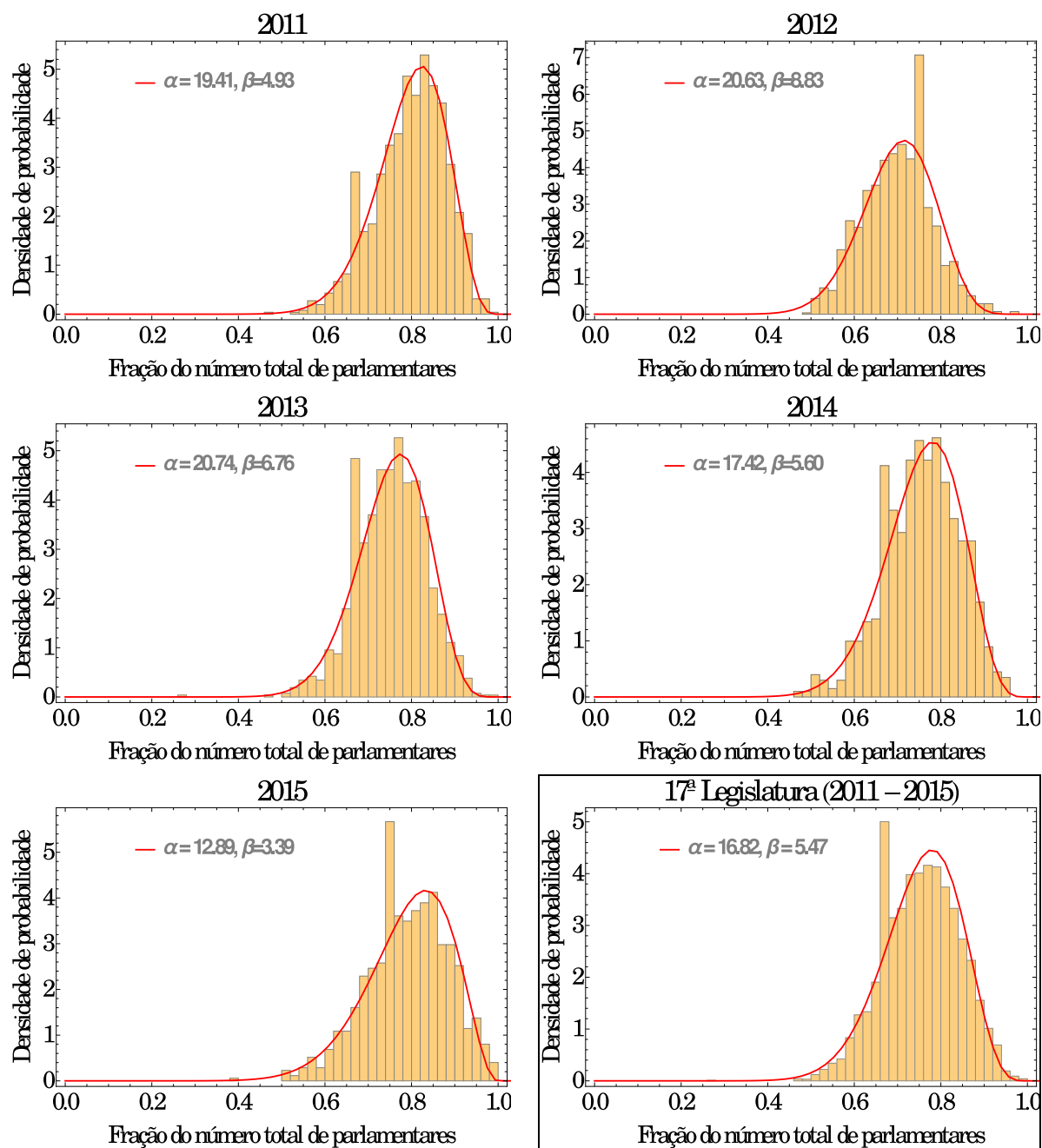


Figura 2.3: Aproximação da fração de parlamentares presentes em uma votação pela distribuição beta, por ano e para um período legislativo completo.

em que x_i representa o passo no instante i . Para o caso da presença parlamentar de um deputado, podemos empregar uma série do tipo

$$\{1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, \dots\},$$

em que

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{Presente} \\ 0 & \text{Ausente} \end{cases}$$

A "posição" em $t = n$ para a j -ésima réplica (cada réplica é um parlamentar e há 54 parlamentares titulares), $X_n^{(j)}$, é a soma dos passos, isto é,

$$X_n^{(j)} = x_1^{(j)} + x_2^{(j)} + \dots + x_n^{(j)} = \sum_{i=1}^n x_i^{(j)}.$$

Essa posição é justamente a presença acumulada em votações do j -ésimo deputado após n votações.

Antes de continuarmos com a aplicação de caminhadas aleatórias na investigação de presença parlamentar, cabe notar que o uso delas ocorre, com sucesso, nos mais diversos contextos. Por exemplo, tem-se em física o movimento de partículas em um meio [18, 26, 31, 33] e a magnetização de um conjunto de spins [33]. Alguns exemplos no contexto de esporte são campeonatos de jogos de futebol [34], vantagem em jogos de xadrez [35], pontuação em jogos de basquete [36] e pontuação em jogos de cricket [37].

A posição média de todas as réplicas no n -ésimo passo é

$$\bar{X}_n = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_n^{(j)} \quad (\text{com } 54 < N < N_{max}).$$

Cabe lembrar que 54 é o número de parlamentares da ALEP que sempre devem ser considerados em uma votação e N_{max} é o número de parlamentares, incluso suplentes, que exerceram funções num dado ano (ver Tabela 1.2). Assim, \bar{X}_n é a frequência média dos parlamentares. A correspondente variância é

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (X_n^{(j)} - \bar{X}_n)^2. \quad (2.4)$$

Sob o critério da caminhada aleatória, definimos a *trajetória* de um parlamentar como a posição do parlamentar em função do número de votações. A trajetória de um parlamentar é uma representação gráfica do comportamento de presença de um parlamentar em um dado período de tempo. Em geral, cada parlamentar age de forma única e a sua trajetória correspondente é também única. Para termos ideia dos tipos de comportamentos de

presença dos parlamentares da ALEP, na Figura 2.4 apresentamos algumas das trajetórias de parlamentares no período de 2011 a 2015. Das trajetórias apresentadas na Figura

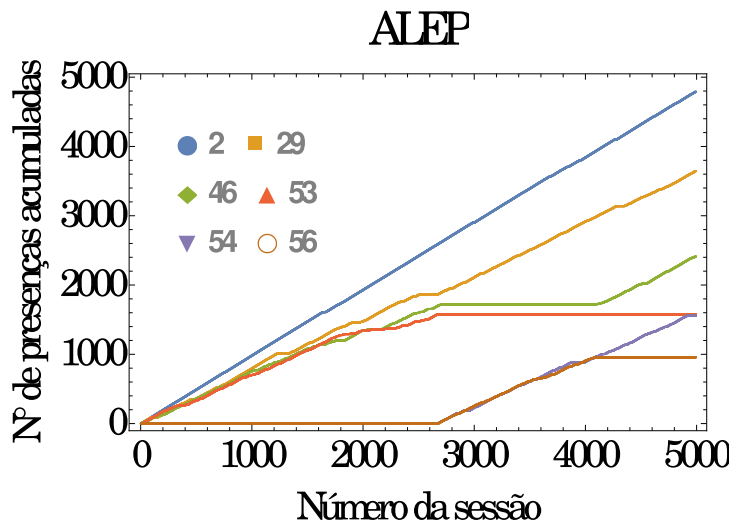


Figura 2.4: Algumas das trajetórias correspondentes à 17^a legislatura (2011 - 2015) que caracterizam o comportamento de presença de alguns parlamentares da ALEP.

2.4, podemos ver diferentes tipos de parlamentares. Quanto maior a altura da curva, maior é a frequência do parlamentar, assim o parlamentar 2 é mais frequente do que o parlamentar 46, e assim por diante. Também, quanto maior é a frequência do parlamentar, sua trajetória correspondente tende a ser uma linha reta. Comumente, parlamentares com menor frequência possuem trajetórias mais "acidentadas".

Ao levarmos em consideração as trajetórias de todos os parlamentares, estudamos a dispersão dos dados via variância σ_n^2 (σ_n é o desvio padrão). Além disso, tentamos verificar a relação de proporcionalidade

$$\sigma_n^2 \propto n^\alpha. \quad (2.5)$$

Conforme vimos na discussão sobre caminhada aleatória no capítulo 1, a equação 2.5 está ligada ao tipo de correlação que o sistema apresenta ao longo do tempo. Lembrando que para $\alpha > 1$, corresponde-se a correlações persistentes de longo alcance, similarmente, para $\alpha < 1$, corresponde-se a correlações antipersistentes de longo alcance e para $\alpha = 1$ a série não é correlacionada ou possui correlações de curto alcance. Com isso, a Figura 2.5 apresenta as análises realizadas sobre as séries do sistema para diferentes períodos de tempo. Da Figura 2.5, podemos ver que o comportamento da presença parlamentar na ALEP mantêm-se correlacionada ao longo do tempo. Em todos casos, os expoentes α são maiores do que 1, portanto o tipo de correlação da presença parlamentar na ALEP, independentemente do tempo em consideração, é persistente e de longo alcance.

Em conexão com os processos difusivos, quando $\alpha \neq 1$, dizemos que o processo apresenta difusão anômala. Para $0 < \alpha < 1$, o processo representa uma subdifusão, para $1 < \alpha < 2$, o processo representa uma superdifusão, o caso especial $\alpha = 2$ é chamado

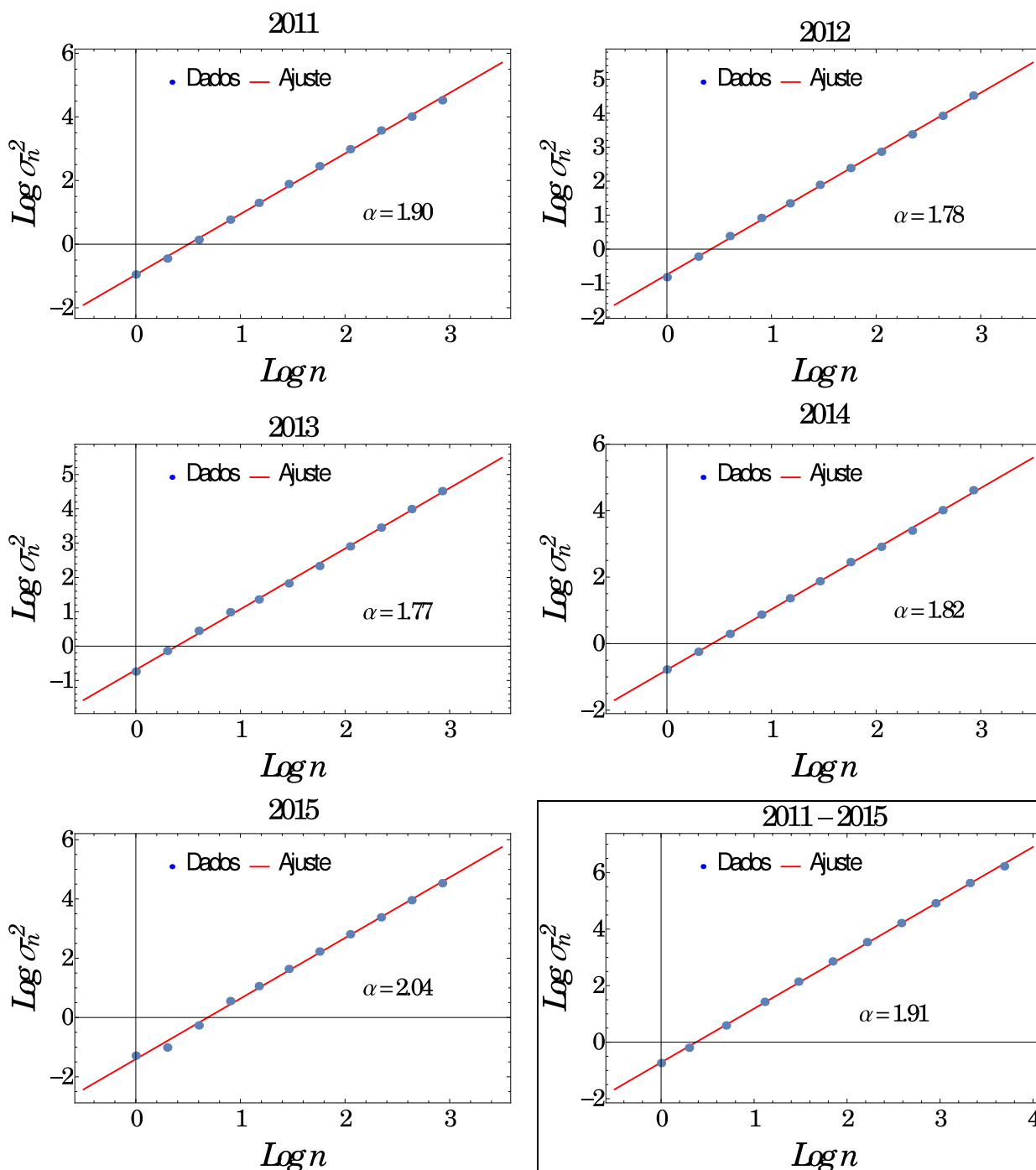


Figura 2.5: Análises das variâncias das séries de presença do sistema, em conjunto, em períodos de tempo anuais e de uma legislatura.

de movimento balístico, enquanto que $\alpha = 1$ representa uma difusão normal ou também chamada de difusão usual. Com isso, podemos dizer que a presença parlamentar na ALEP obedece um processo superdifusivo quase chegando a ser balístico.

2.5 DFA da presença parlamentar

Na seção anterior, investigamos um aspecto da dinâmica coletiva da presença parlamentar na ALEP. Nesta seção, estudamos o tipo de correlação das séries de presença de cada parlamentar. Para isso, fazemos uso do método de *Análise Destendenciado de Flutuações (DFA)* que tem-se constituído como um método confiável para detectar correlações em séries temporais não estacionárias.

Consideramos a série genérica de presença de um parlamentar em dado período de tempo, por exemplo,

$$\{x_i\} = \underbrace{\{1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, \dots\}}_N,$$

com N sendo o tamanho da série que é da ordem de 1000 para as análises anuais e da ordem de 5000 para a análise em um período legislativo completo.

A DFA foi aplicada às séries de presença de cada parlamentar da ALEP seguindo o procedimento descrito na Seção 1.8 deste trabalho. Para a destendencição da série, aplicamos o polinômio de primeiro grau. Na Figura 2.6 apresentamos o resultado obtido para uma série temporal típica. Da Figura 2.6, podemos ver que as séries originais de

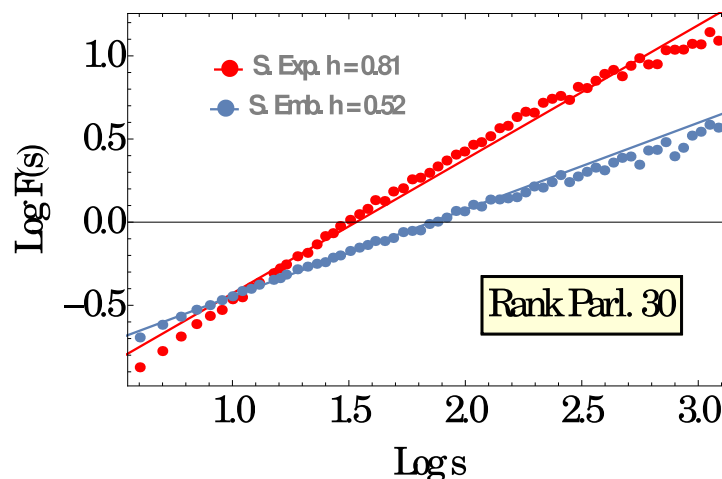


Figura 2.6: DFA da série temporal do parlamentar de *rank* de frequência 30 da ALEP correspondente à 17^a legislatura (2011 - 2015). Em vermelho e em função do tamanho das janelas a função de flutuação da série original, $F(s)$, bem como um ajuste linear de inclinação $h = 0,81$; em azul a função de flutuação da série embaralhada bem como um ajuste linear de inclinação $h = 0,51$.

presença mantêm algum tipo de ordem ou de correlação, já que quando elas são embara-

lhadas apreciamos uma quebra dessa correlação. Em referência à equação 1.24 da Seção 1.8, a inclinação h num gráfico $\log F(s) - \log s$ é o *expoente de Hurst*. Um valor $h = 0,5$ indica que não há correlações (ou só existem correlações de curto alcance). Se $h > 0,5$, os dados possuem correlações de longo alcance, quanto maior o expoente h , mais forte é a correlação. O caso $h < 0,5$ corresponde a anticorrelações de longo alcance, o que significa que os valores grandes são mais prováveis de ser seguidos por valores pequenos e vice-versa.

Com o objetivo de conhecer o tipo de correlação presente nas séries de presença dos parlamentares da ALEP em diferentes períodos de tempo, realizamos uma análise similar à anterior sobre todos os parlamentares, e apresentamos os resultados na Figura 2.7. Da Figura 2.7, podemos apreciar que a maioria das séries de presença dos parlamentares da ALEP possuem correlações persistentes de longo alcance, já que na grande maioria dos casos obtém-se $h > 0,5$. Além disso, podemos apreciar uma tendência média crescente do expoente h com o crescimento do *ranking*.

O comportamento persistente de cada parlamentar contribui para o comportamento superdifusivo da presença parlamentar do sistema. Por fim, cabe ressaltar que o expoente de Hurst médio \bar{h} (encontrado nesta seção) e o expoente da difusão médio α (obtido na seção anterior) relacionam-se por $\alpha \approx 2\bar{h}$. Esse resultado mostra que o comportamento correlacionado via σ_n^2 e DFA são próximos.

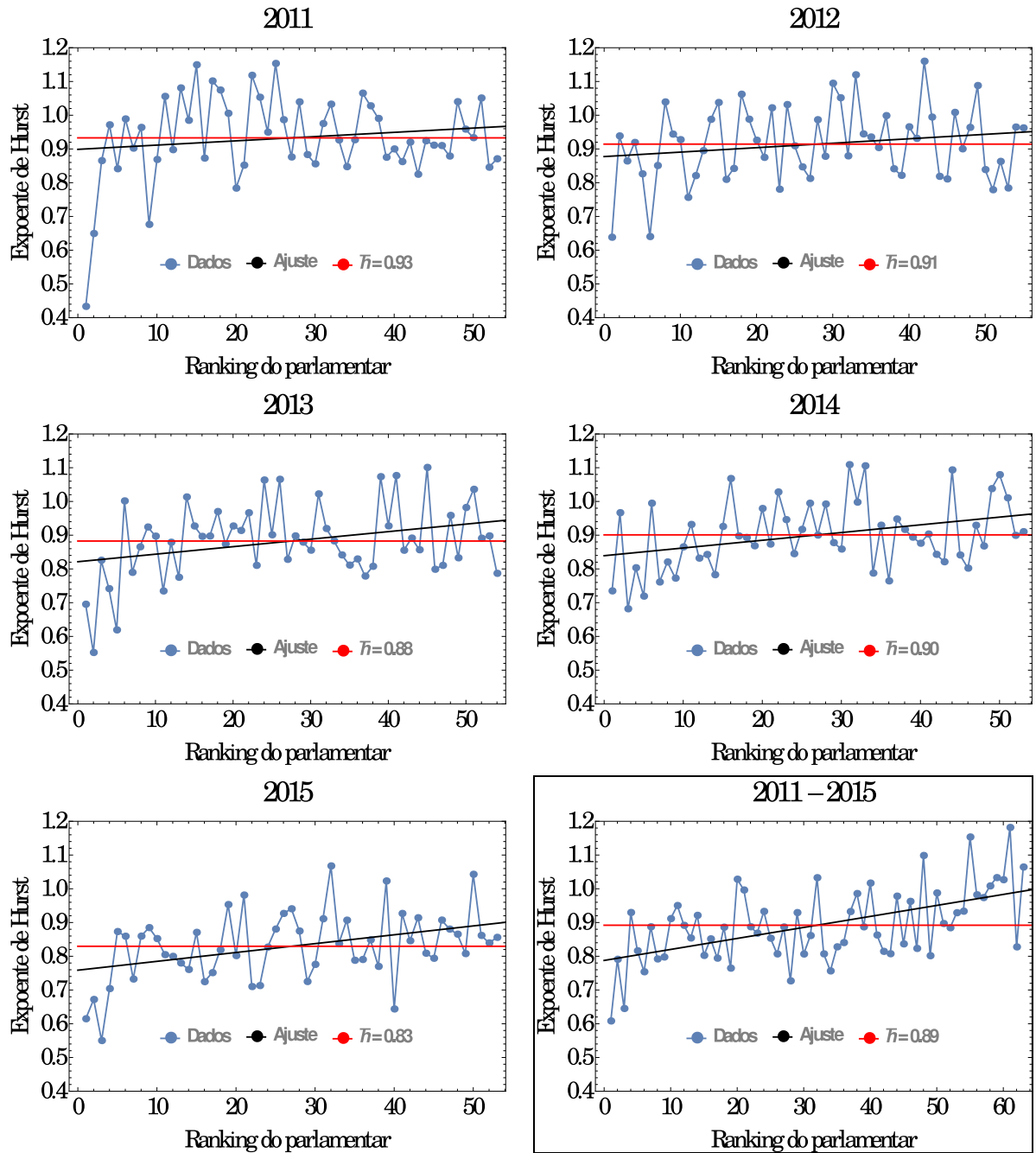


Figura 2.7: Expoentes de Hurst em relação à frequência parlamentar. A linha preta representa um ajuste linear dos dados que mostra uma certa tendência do expoente h em relação ao *ranking*; \bar{h} é a média do conjunto de expoentes de Hurst.

Capítulo 3

Presença parlamentar na CDB

A exemplo do que consideramos no caso da ALEP, neste capítulo são estudados aspectos da presença parlamentar na Câmara dos Deputados do Brasil (CDB). O estudo contempla o período de 1991 a 2016, em que aconteceram seis legislaturas. A abordagem estatística é realizada por meio da análise das frequências dos parlamentares. Nesta investigação, consideramos conceitos de caminhada aleatória e da Análise Destendenciada de Flutuações (DFA) para descrever aspectos da dinâmica do sistema e aspectos da dinâmica de cada parlamentar.

3.1 Frequências dos parlamentares

O estudo da frequência dos parlamentares da CDB é realizado por período legislativo. Cada legislatura tem uma duração de quatro anos, tempo que contempla o início e o final das atividades de um parlamentar. A frequência relativa do i -ésimo parlamentar da CDB é dada por

$$f_{iL} = \frac{N_{iL}}{N_{TL}}, \quad (3.1)$$

em que f_{iL} é a frequência desse parlamentar na legislatura L , com f_{iL} assumindo valores entre 0 e 1. Já que a presença parlamentar na CDB está baseada nos registros de presença em atividades legislativas em geral, não necessariamente votações, o termo N_{iL} é o número total de presenças em atividades legislativas na legislatura L . Após calcular a frequência de cada um dos parlamentares é possível construir uma curva de frequência para dada legislatura. Na Figura 3.1 apresentamos as curvas de frequência das cinco legislaturas consideradas neste trabalho.

A CDB está basicamente constituída por 513 parlamentares e a forma da curva de frequência fornece um perfil desses parlamentares. Em algum sentido, essa curva dá um indicativo de que há parlamentares que assumem o cargo com maior compromisso do que outros. Na curva de frequência, o primeiro ponto representa o parlamentar de maior presença nas atividades legislativas registradas e o último ponto representa o parlamentar

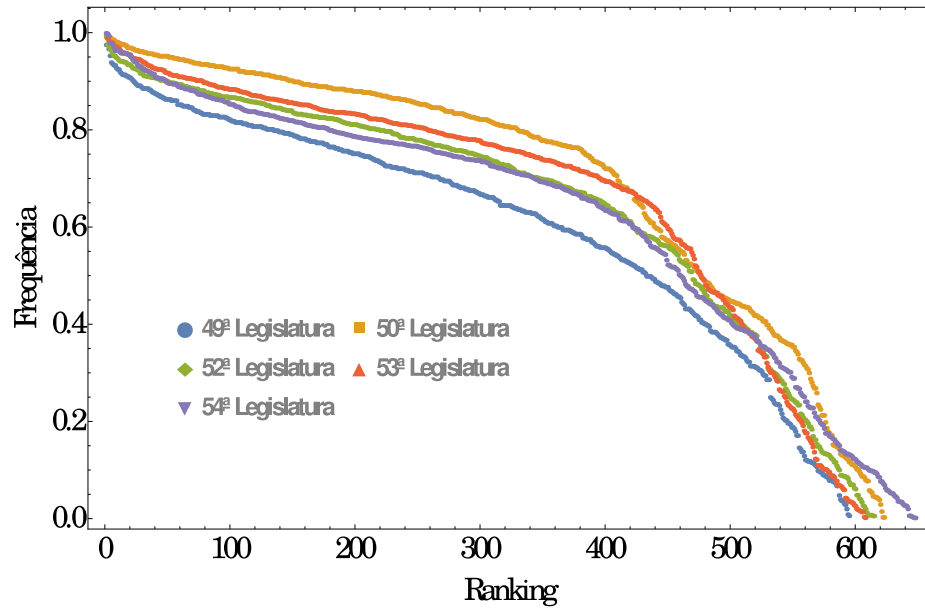


Figura 3.1: Curvas de frequências dos parlamentares da CDB em cinco períodos legislativos estudados neste trabalho, do parlamentar mais frequente ao menos frequente.

com menor presença nas atividades legislativas no período em consideração. Cada parlamentar possui sua frequência característica, que é consistente com a possibilidade de cada parlamentar agir de forma própria e muitas vezes independente dos demais.

Notamos ainda que na Figura 3.1 a quantidade de parlamentares supera os 513 usuais. Isso ocorre porque vários parlamentares, por diversos motivos, solicitam afastamento por algum período de seu mandato e os seus suplentes os substituem. A exemplo do que verificamos no caso da ALEP, esse aspecto pode ser identificado na Figura 3.1. A saber, em geral, a primeira parte das curvas, até aproximadamente 400 deputados, corresponde aos parlamentares que não pediram afastamento de seu mandato, e a segunda parte da curva, aproximadamente acima de 400, diz respeito aos deputados que solicitaram afastamento e aos seus suplentes.

Cabe apontar que as curvas de frequência parlamentar da CDB, apresentadas na Figura 3.1, exibem um grau de semelhança. Essa semelhança indica que há uma similaridade entre as diversas legislaturas. Quando comparamos essas curvas com a correspondente da ALEP (Figura 2.1), vemos o mesmo aspecto geral, apesar da quantidade de deputados da ALEP ser aproximadamente um décimo da CDB. Isso, por sua vez, sugere certa universalidade no comportamento de frequência parlamentar.

3.2 Caminhada aleatória na CDB

Nesta parte, estudamos outros aspectos da dinâmica da presença parlamentar na CDB. Para isso, como no estudo realizado para ALEP, é assumida a presença parlamentar como

sendo uma caminhada aleatória em que as séries dos passos são da forma

$$\{x_n\} = \underbrace{\{1, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, \dots\}}_{N_{TL}},$$

com

$$x_i^{(j)} = \begin{cases} 1 & \text{Presente} \\ 0 & \text{Ausente} \end{cases}$$

A "posição" do j -ésimo parlamentar no n -ésimo passo é dada por

$$X_n^{(j)} = x_1^{(j)} + x_2^{(j)} + \dots + x_n^{(j)} = \sum_{k=1}^n x_k^{(j)}.$$

Cada $x_k^{(j)}$ representa, portanto a presença ("1") do j -ésimo parlamentar na k -ésima sessão ou sua ausência ("0"). $X_n^{(j)}$ é justamente a quantidade de sessões que o j -ésimo parlamentar já participou até a n -ésima sessão.

A posição média do sistema no n -ésimo passo é

$$\bar{X}_n = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_n^{(j)} \quad (\text{com } 513 < N < 651).$$

Com isso, a variância da posição do sistema no n -ésimo passo é

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (X_n^{(j)} - \bar{X}_n)^2. \quad (3.2)$$

A trajetória de presença do j -ésimo parlamentar, $X_n^{(j)}$, fornece a representação gráfica do comportamento desse parlamentar ao longo do tempo. Já que cada parlamentar tem uma forma particular e independente de desenvolver suas funções, geralmente não existem duas trajetórias iguais. A seguir, na Figura 3.2, apresentamos algumas trajetórias típicas encontradas nas legislaturas estudadas. Quanto maior a altura da curva, maior a frequência do parlamentar. Quanto maior a frequência do parlamentar, sua trajetória tende a ser uma linha reta de inclinação igual a um. Um platô na trajetória indica a ausência do parlamentar em sucessivas sessões. Parece que quanto menor a frequência do parlamentar sua trajetória correspondente tende a ser mais "acidentada". Considera-se o conjunto de trajetórias de todos os parlamentares para estudar a dinâmica do sistema em conjunto. As presenças acumuladas médias, \bar{X}_n , para as diferentes legislaturas da CDB, em função da quantidade de sessões parlamentares, estão dispostas na Figura 3.3. A seguir, estudamos a dispersão das posições, isto é, a variância das frequências parlamentares. Isso será feito verificando a seguinte relação:

$$\sigma_n^2 \propto n^\alpha, \quad (3.3)$$

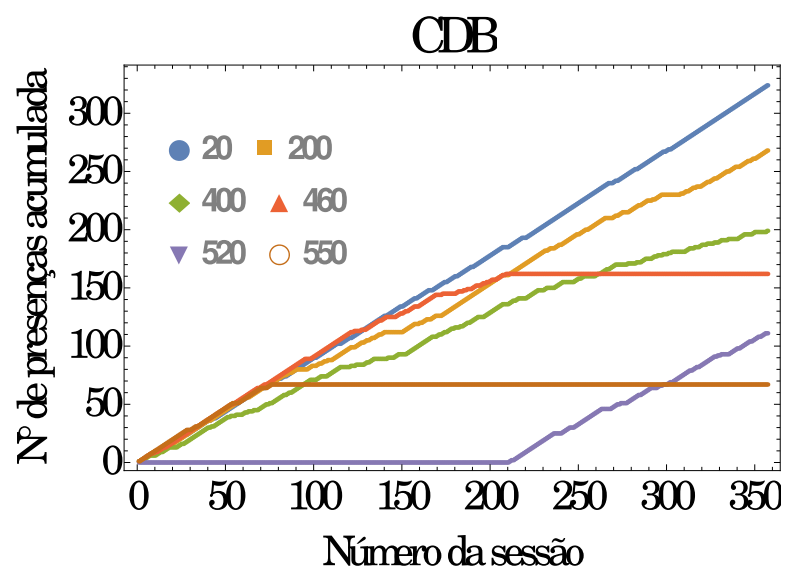


Figura 3.2: Trajetórias de alguns parlamentares correspondentes à 49^a Legislatura (1991-1995).

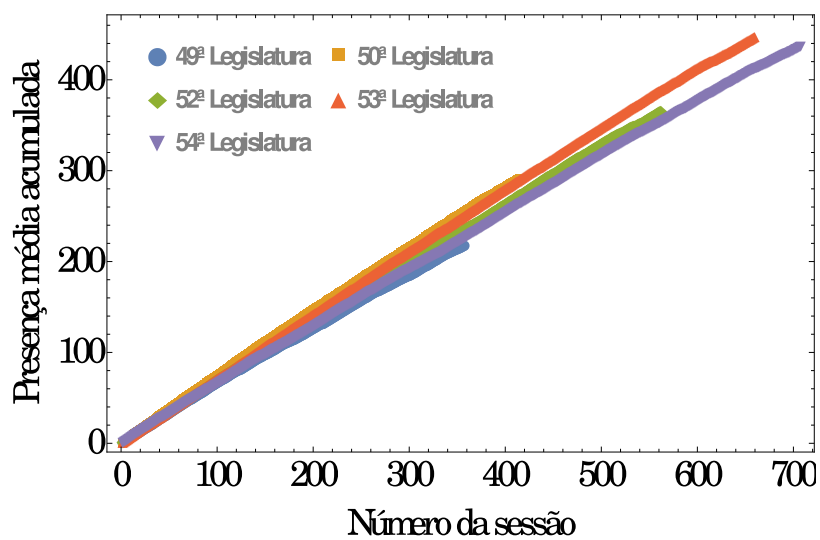


Figura 3.3: Trajetórias da presença acumulada média da CDB para todas legislaturas estudadas neste trabalho.

em que σ_n^2 é a variância das caminhadas aleatórias, dada pela equação 3.2, e n é o número de passos.

Da Figura 3.4, podemos ver que o comportamento coletivo da presença parlamentar na CDB mantém-se correlacionado ao longo de um período legislativo. Notamos que em todas as legislaturas obteve-se valores de α maiores do que 1. No contexto dos processos difusivos, quando $\alpha \neq 1$, dizemos que o processo é uma difusão anômala. Para $0 < \alpha < 1$, o processo representa uma subdifusão, para $1 < \alpha < 2$, o processo representa uma superdifusão, o caso especial $\alpha = 2$ é chamado de movimento balístico, enquanto que $\alpha = 1$ representa uma difusão normal ou também chamada difusão usual. Ao comparar as Figuras 2.5 e 3.4, mais uma vez, vemos que os resultados relativos à CDB e a ALEP são bastante semelhantes. Assim, no contexto dos processos difusivos a presença parlamentar na CDB em dada legislatura se comporta como um processo superdifusivo. Com isso, podemos concluir que as séries de presenças são persistentes e fortemente correlacionadas em todas as legislaturas.

A depender do valor do expoente α , a equação 3.3 indica a presença de correlação nas séries temporais de presença que o sistema mantém ao longo do tempo. Para $\alpha > 1$, correlações persistentes de longo alcance predominam nas séries. Para $\alpha < 1$, correlações anti-persistentes de longo alcance predominam nas séries. Para $\alpha = 1$, as séries não são correlacionadas ou possuem correlações de curto alcance. A Figura 3.4 apresenta os resultados obtidos da presença parlamentar como uma caminhada aleatória para cada uma das legislaturas sob consideração.

3.3 DFA da presença parlamentar na CDB

Nesta seção, estudamos a correlação de cada série de presença dos parlamentares da CDB. Para isso, faz-se uso do método de Análise Destendenciada de Flutuações (DFA). Como já vimos, a série de presença de um parlamentar num dado período legislativo pode ser escrita na forma

$$\{x_i\} = \underbrace{\{1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 0, \dots\}}_{N_L},$$

com N_L sendo o número de atividades parlamentares registradas ao longo de um período legislativo completo. Seguindo o procedimento descrito na Seção 1.8 do primeiro capítulo, a DFA será aplicada para cada uma das séries dos deputados da CDB nas cinco legislaturas investigadas.

Já que são 513 parlamentares (e suplentes, quando for o caso) por legislatura e, por sua vez, são cinco legislaturas sob estudo, é difícil mostrar em detalhe a análise da série de presença de cada parlamentar. Entretanto, para ter uma ideia dos tipos de séries,

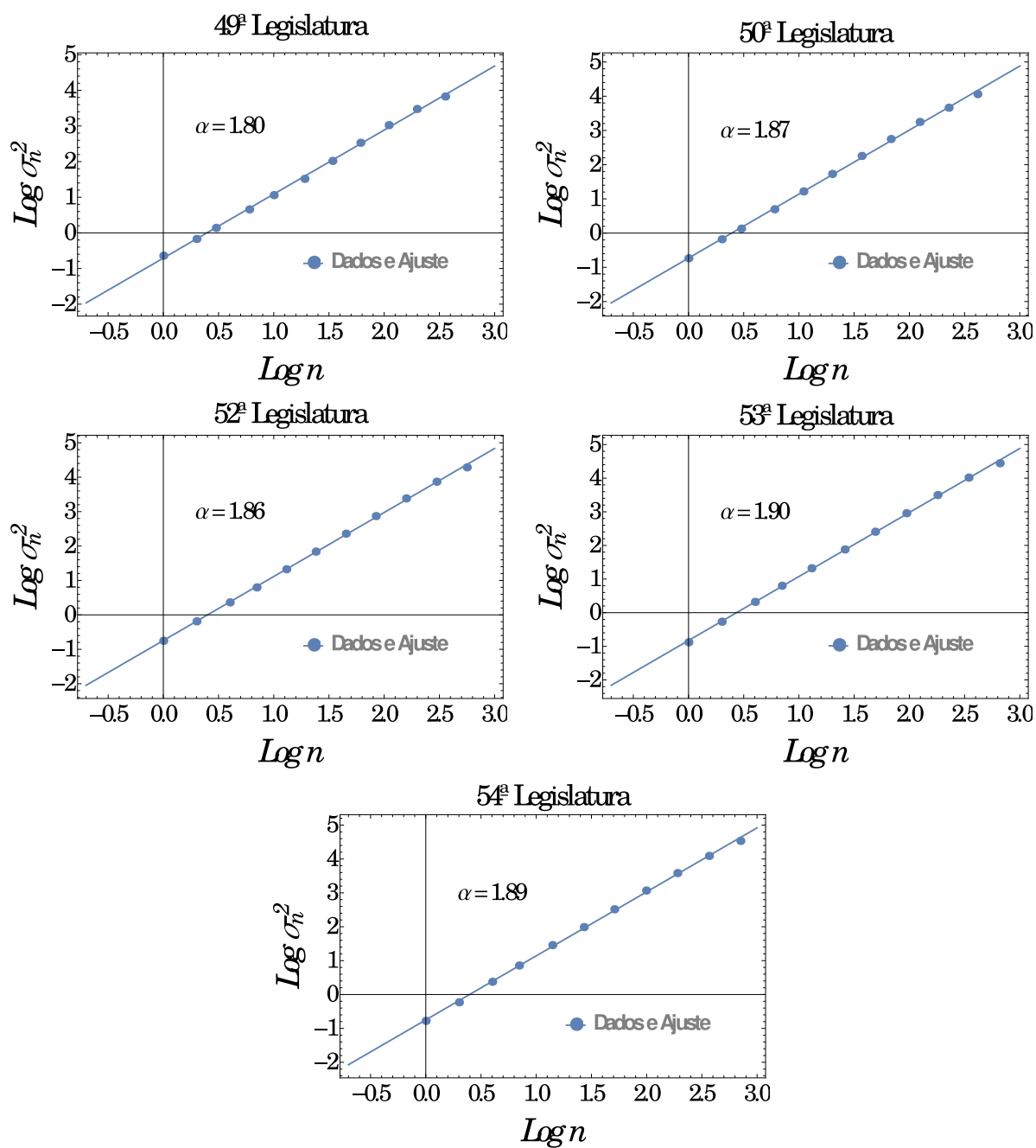


Figura 3.4: Variância da série de presença parlamentar sob o conceito de caminhada aleatória, em função do número de passo n , para cinco legislaturas.

na Figura 3.5 são apresentados alguns gráficos da DFA de parlamentares em relação ao *ranking* de frequência.

Em referência à equação 1.24 da Seção 1.8 do Capítulo 1, a inclinação h , num gráfico $\text{Log}F(s) - \text{Log } s$ em que $F(s)$ é a função de flutuação e s é o tamanho da janela, é o bem conhecido *expoente de Hurst*. Um valor $h > 0,5$ indica que a série possui correlações de longo alcance, em que, quanto maior é o expoente h , mais forte é a correlação. O caso de $h < 0,5$ corresponde a ter anticorrelações de longo alcance, o que significa que os valores grandes são mais prováveis de ser seguidos por valores pequenos e vice versa. Um valor de $h = 0,5$ indica que não há correlações na série (ou só existem correlações de curto alcance). A Figura 3.5 dá indicativo de que as séries de presença de parlamentares da CDB mantém uma certa ordem ou algum tipo de correlação independentemente da sua posição no *ranking* de frequência, já que quando uma série de presença é embaralhada ela perde a correlação que antes tinha.

Na Figura 3.5 temos, além da DFA da série, a DFA da série embaralhada. Quando a série é embaralhada, esperamos que o expoente de Hurst se reduza a meio, pois a correlação deve ser perdida no embaralhamento, os valores obtidos são próximos de meio, porém não igual a meio, em geral. Entretanto, para uma dada série, se for calculado o expoente de Hurst após cada embaralhada, a média de h é muito próximo de meio.

Para conhecer o tipo de correlação das séries de presença do conjunto de parlamentares na CDB, em uma dada legislatura, foi feita a DFA das séries de presença de todos os parlamentares em cada legislatura. A Figura 3.6 apresenta o *Expoente de Hurst* em relação ao *ranking* de frequência dos parlamentares, para as cinco legislaturas estudadas. Da Figura 3.6, podemos ver que a maioria das séries de presença dos parlamentares da CDB em todas as legislaturas possuem correlações persistentes de longo alcance, já que na grande maioria dos casos o expoente h é maior do que 0,5. Além disso, também podemos apreciar uma leve tendência crescente de h com o crescimento do *ranking*.

Assim como no caso da ALEP, verificamos que os expoentes de Hurst para cada parlamentar é maior do que meio (salvo por uns poucos casos) e, portanto, apresentam correlações persistentes.

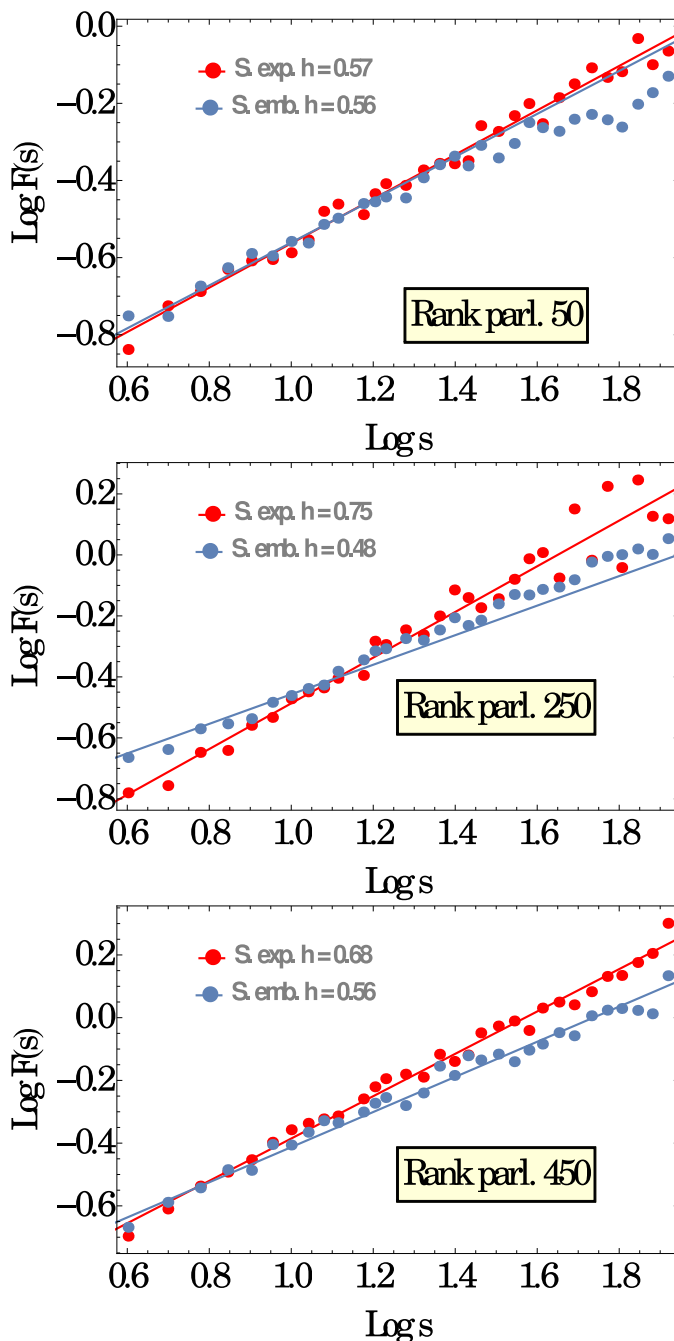


Figura 3.5: DFA das séries de presença de alguns parlamentares da 49^a Legislatura (1991 - 1995) em relação ao *ranking* de frequência. Em vermelho e em função ao tamanho das janelas, a função de flutuação $F(s)$, bem como o ajuste linear; em azul a função de flutuação da série embaralhada, bem como um ajuste linear.

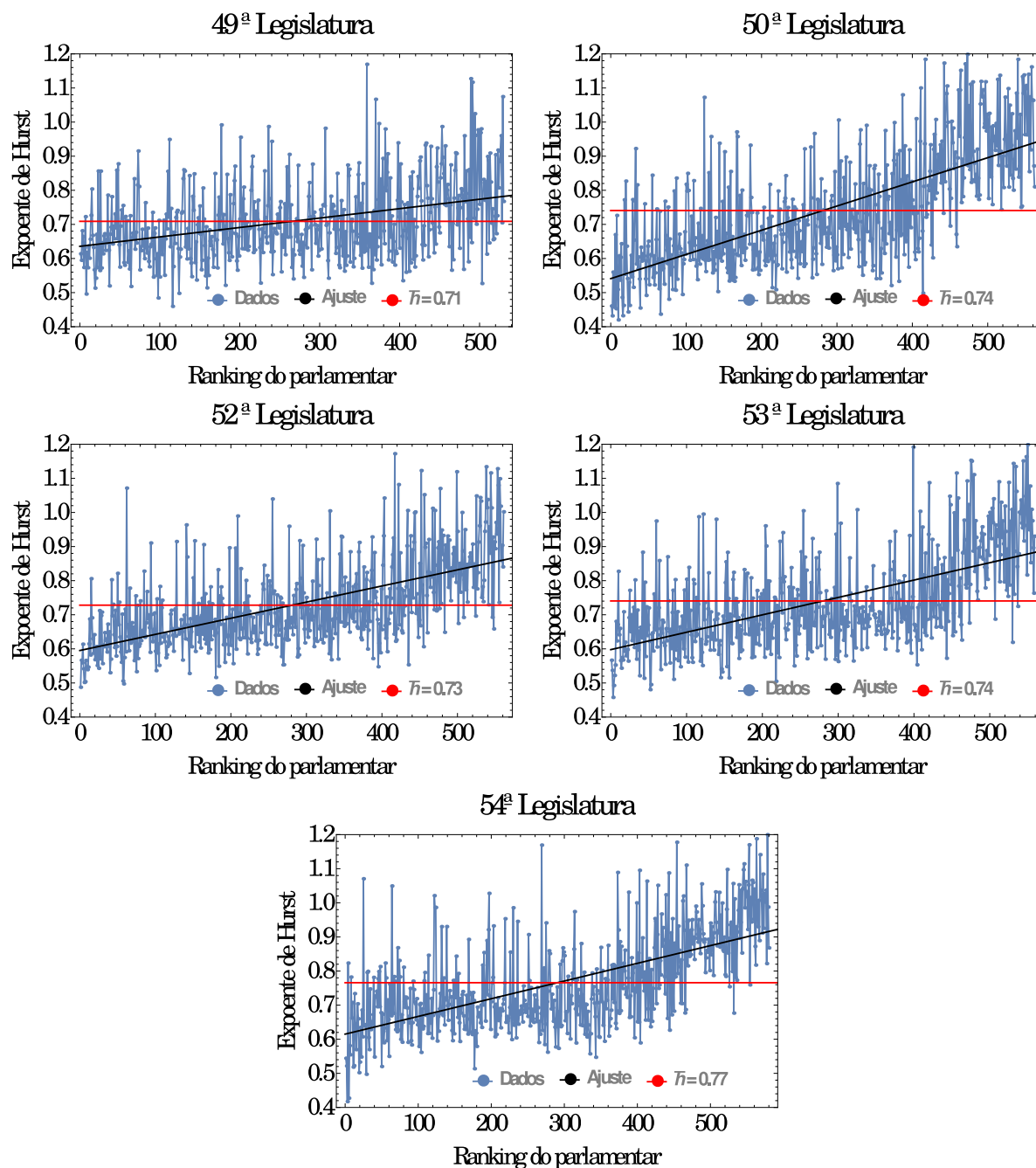


Figura 3.6: Expoentes de Hurst vs o *ranking* do parlamentar da CDB ao longo dos períodos legislativos investigados. A linha preta é um ajuste linear dos dados que dá conta de uma certa tendência do expoente h no conjunto de parlamentares, \bar{h} é o expoente médio de Hurst.

Capítulo 4

Conclusões

Neste trabalho estudamos empiricamente, desde uma perspectiva da Física Estatística, a presença parlamentar na Assembleia Legislativa do Estado do Paraná (ALEP) e na Câmara dos Deputados do Brasil (CDB).

Referente ao estudo da presença parlamentar na ALEP, podemos chegar a várias conclusões.

Primeiramente, as cinco frequências parlamentares anuais investigadas têm um comportamento semelhante, em que foi possível representar esse comportamento por uma curva constituída por dois regimes: um regime linear que, inicialmente, representa as frequências dos parlamentares titulares e que se mantiveram no cargo, e um regime de decréscimo abrupto que, basicamente, representa a frequência dos parlamentares titulares que não permaneceram no cargo e de seus suplentes. A função empregada para modelar o comportamento anual do conjunto de frequências foi o produto de uma função linear e uma função que envolve uma exponencial.

Quando considerado um período legislativo completo no comportamento do conjunto de frequências dos parlamentares, houve na ALEP uma evolução para uma curva decrescente com dois regimes aproximadamente lineares. O primeiro regime representa a presença da maioria dos parlamentares titulares e o segundo regime representa a presença tanto dos parlamentares titulares de pouca frequência quanto dos parlamentares suplentes. A continuidade e suavidade da curva se devem principalmente à intervenção de um maior número de parlamentares em um maior período de tempo.

Encontramos que parlamentares de um mesmo partido político podem pertencer tanto ao grupo de parlamentares muito frequentes quanto ao grupo de parlamentares pouco frequentes. Não ficou claro que a filiação partidária determina ou influencia a presença parlamentar.

No estudo das características da presença parlamentar da ALEP, o número de parlamentares presentes em votações não pôde ser considerada como uma variável aleatória binomial. De fato, os ajustes das distribuições empíricas do número de parlamentares presentes em uma votação, tanto em períodos de tempo de um ano quanto de quatro

anos (uma legislatura), não é bem representada por uma distribuição binomial. Tudo isso principalmente porque o modelo binomial contém apenas uma frequência relativa p para todos os parlamentares, em contraste com a variabilidade observada.

Obtivemos um melhor resultado do comportamento coletivo da presença parlamentar na ALEP quando a fração de parlamentares presentes em votações é representada por meio da distribuição beta. No entanto, de acordo com o teste de Anderson - Darling, nem sempre o resultado é satisfatório, já que é rejeitada a hipótese de que a distribuição beta represente a fração de parlamentares presentes numa votação nos anos 2011 a 2013, e pelo contrário, nos anos 2014 a 2016 essa hipótese de representação é válida.

Sob o critério de caminhada aleatória, as trajetórias dos diversos parlamentares, que podem ser vistas como representações gráficas da presença parlamentar, são diferentes umas das outras, pois, em geral, os parlamentares agem de forma única. Porém, é possível caracterizar o comportamento de um parlamentar em qualquer período de tempo por meio da sua trajetória.

No estudo da dinâmica da presença parlamentar na ALEP e ainda sob o enfoque de caminhada aleatória, encontramos que a dispersão da presença acumulada dos parlamentares (a dispersão de suas "posições"), que é representada pela variância, apresenta uma proporcionalidade ao número de passos (votações) da forma $\sigma_n^2 \propto n^\alpha$, com $\alpha > 1$. Em conexão com os processos difusivos, a presença parlamentar na ALEP assemelha-se a uma difusão anômala, já que a presença parlamentar na ALEP é representada por um processo superdifusivo, com $\alpha > 1$ em todos os casos investigados. Esse resultado sugeriu que a série temporal de presença de cada parlamentar poderia possuir correlações persistentes de longo alcance. Assim, existe uma grande probabilidade de se obter resultados iguais da presença de um parlamentar em votações consecutivas.

Usando a DFA, encontramos correlações persistentes de longo alcance nas séries de presença, tanto anuais quanto de um mandato inteiro, na grande maioria dos parlamentares da ALEP. Encontramos também que o expoente de Hurst médio, \bar{h} , e o coeficiente da difusão médio, α , relacionaram-se por $\alpha \approx 2\bar{h}$. Esse resultado mostra que o comportamento correlacionado via σ_n^2 e DFA são basicamente os mesmos.

No que tange à presença parlamentar na CDB, podemos identificar vários padrões.

Principalmente, encontramos que o conjunto de frequências dos parlamentares em diferentes legislaturas têm um comportamento bem parecido, pois as curvas de frequência apresentam formas semelhantes. Assim como o caso da ALEP, cada curva de frequência correspondente a um período legislativo, apresentou dois regimes lineares. O primeiro, essencialmente, representa a presença dos parlamentares titulares de maior atividade parlamentar e, basicamente, o segundo representa a presença tanto de parlamentares titulares de menor atividade parlamentar quanto de seus suplentes.

No estudo da dinâmica da presença parlamentar nas cinco legislaturas da CDB consideradas neste trabalho e sob o conceito de caminhada aleatória, encontramos que a

dispersão das posições do conjunto de parlamentares em cada legislatura apresenta uma proporcionalidade ao número de passos (sessões) da forma $\sigma_n^2 \propto n^\alpha$, com $\alpha > 1$. No contexto dos processos difusivos, a presença parlamentar na CDB em cada período legislativo apresenta-se como uma difusão anômala do tipo superdifusiva. Assim como no caso da ALEP, esses resultados indicam que a série temporal de presença do conjunto de parlamentares de cada legislatura possui correlações persistentes de longo alcance. Com isso, é possível pensar que há grande probabilidade de se obter resultados semelhantes de presença parlamentar em atividades legislativas consecutivas.

Tomando em consideração a DFA da série de presença de cada parlamentar nas diversas legislaturas da CDB, verificamos que a imensa maioria delas apresenta um expoente de Hurst maior do que meio. Isso significa que a grande maioria das séries temporais de presença dos parlamentares da CDB possuem correlações persistentes de longo alcance.

Todos esses resultados, baseados na forma da distribuição das presenças e nas correlações das séries de presença da ALEP e da CDB, apontam na direção de padrões universais na dinâmica das presenças parlamentares. Assim, dentre outras possibilidades, uma vertente para futuras pesquisas no tema seria investigar a dinâmica de presença parlamentar em câmara de vereadores e câmara de deputados de outros países. Com isso, chegar-se-ia a um entendimento mais completo da dinâmica da presença parlamentar, indo de uma escala pequena (cidades) a uma escala grande (países).

Referências

- [1] Estrutura do Estado Brasileiro, “www.brasil.gov.br/governo/2009/11/entenda-como-funciona-a-estrutura-do-estado-brasileiro.” Acesso em 31/01/2017.
- [2] O Congresso, “<https://www.congressonacional.leg.br/portal/congresso/atribuicoes>.” Acesso em 03/02/2017.
- [3] Assembleia Legislativa, “<http://www.politize.com.br/o-que-e-uma-assembleia-legislativa/>.” Acesso em 03/02/2017.
- [4] C. Castellano, S. Fortunato, and V. Loreto, “Statistical physics of social dynamics,” *Rev. Mod. Phys.*, no. 81, pp. 591–646, 2009.
- [5] S. Galam, *Sociophysics: a physicist’s modeling of psycho-political phenomena*. Springer, Heidelberg, 2012.
- [6] M. C. Mantovani, “Física estatística aplicada a processos eleitorais,” 2013. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá.
- [7] S. Galam, “Application of statistical physics to politics,” *Physica A*, no. 274, pp. 132–139, 1999.
- [8] T. M. Gradowski and R. A. Kosinski, “The effect of an electoral campaign for election results in an open community,” *Int. J. Mod. Phys. C*, no. 9, pp. 1327–1338, 2006.
- [9] M. Porter, P. Mucha, M. Newman, and A. Friend, “Community structure in the united states house of representatives,” *Physica A*, vol. 386, pp. 414–438, 2007.
- [10] A. Amelio and C. Pizzuti, *Recommendation and Search in Social Networks*, ch. Mining and Analyzing the Italian Parliament: Party Structure and Evolution, pp. 249–279. Springer International Publishing, 2015.
- [11] U. Kjaer and J. Elklit, “The impact of assembly size on representativeness,” *The Journal of Legislative Studies*, vol. 20, no. 2, pp. 156–173, 2014.
- [12] A. Pluchino, C. Garofalo, A. Rapisarda, S. Spagano, and M. Caserta, “Accidental politicians: How randomly selected legislators can improve parliament efficiency,” *Physica A*, no. 390, pp. 3944 – 3954, 2011.

- [13] R. Popping and R. Wittek, “Success and failure of parliamentary motions: A social dilemma approach,” *PLoS ONE*, vol. 8, no. 10, pp. 1–18, 2015.
- [14] C. Dal Maso, G. Pompa, M. Puliga, G. Riotta, and A. Chessa, “Voting behavior, coalitions and government strength through a complex network analysis,” *PLoS ONE*, vol. 9, no. 12, 2014.
- [15] ALEP, “<http://www.alep.pr.gov.br/transparencia/plenario/control-de-votacoes/>.” Acesso em 02/11/2016.
- [16] CDB, “<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/plenario/resultadovotacao>.” Acesso em 23/11/2016.
- [17] K. Krishnamoorthy, *Handbook of Statistical Distributions with Applications*. U.S.A: Taylor & Francis Group, LLC, 2006.
- [18] T. Tomê and M. J. de Oliveira, *Dinâmica Estocástica e Irreversibilidade*. São Paulo: Edusp, 2001.
- [19] C. Forbes, M. Evans, H. N., and B. Peacock, *Statistical Distributions*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., fourth ed., 2011.
- [20] E. Sobre, “Controle postural como um sistema complexo: Análise da distribuição das velocidades do centro-depressão,” 2015. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá.
- [21] L. Jantschi and S. D. Bolboaca, “Distribution fitting 2. pearson-fisher, kolmogorov-smirnov, anderson-darling, wilks-shapiro, cramer-von-misses and jarque-bera statistics,” *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*, vol. 66, no. 2, pp. 691–697, 2009.
- [22] N. M. Razali and Y. B. Wah, “Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests,” *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, vol. 2, no. 1, pp. 21–33, 2011.
- [23] H. M. J. Hung, R. T. O’Neill, P. Bauer, and K. Kohne, “The behavior of the p-value when the alternative hypothesis is true,” *Biometrics*, vol. 53, no. 1, pp. 11–22, 1997.
- [24] R. N. Mantegna and H. Stanley, *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004.
- [25] G. A. Ridolfi, “Correlações de longo alcance em tamanhos de frases,” 2016. Dissertação de Mestrado, Univeridade Estadual de Maringá.

- [26] R. Metzler and J. Klafter, “The random walk’s guide to anomalous diffusion: a fractional dynamics approach,” *Physical Reports*, vol. 339, pp. 1–77, 2000.
- [27] S. Lim and S. Muniandy, “Self-similar gaussian processes for modeling anomalous diffusion,” *Physical Review E*, pp. 021114 1–14, 2002.
- [28] C. Peng, S. Buldyrev, S. Halvin, H. Stanley, and A. Goldberger, “Mosaic organization of dna nucleotides,” *Physical Review E*, vol. 49, pp. 1685–1689, 1994.
- [29] A. Holl and H. Kantz, “The relationship between the detrended fluctuation analysis and the autocorrelation function of a signal,” *Eur. Phys.J.B*, vol. 88, no. 327, 2015.
- [30] J. Kantelhardt, S. Zschiegner, E. Koscielny-Bunde, A. Bunde, S. Havlin, and H. Stanley, “Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series,” *Physica A*, pp. 87–114, 2002.
- [31] S. R. Salinas, *Introdução à Física Estatística*. São Paulo: Edusp, 2013.
- [32] E. Sobre, “Controle postural como um sistema complexo: Análise da distribuição de velocidade do centro-de-pressão,” 2013. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá.
- [33] F. Reif, *Fundamentals of statistical and thermal physics*. United States of America: McGraw-Hill Book Company, 1995.
- [34] H. V. Riveiro, R. S. Mendes, L. C. Malacarne, S. Picoli Jr, and P. A. Santoro, “Dynamics of tournaments: the soccer case,” *Eur. Phys. J. B*, no. 75, pp. 327–334, 2010.
- [35] H. V. Ribeiro, R. S. Mendes, E. K. Lenzi, M. del Castillo-Mussot, and L. A. Amaral, “Move-by-move dynamics of the advantage in chess matches reveals population-level learning of the game,” *PloS ONE*, vol. 8, no. 1, 2013.
- [36] H. V. Riveiro, S. Mukherjee, and X. H. T. Zeng, “The advantage of playing home in nba: Microscopic, team-specific and evolving features,” *PloS ONE*, vol. 11, no. 3, pp. 1–18, 2016.
- [37] H. V. Riveiro, S. Mukherjee, and X. H. T. Zeng, “Anomalous diffusion and long-range correlations in the score evolution of the game of cricket,” *Physical Review E*, no. 86, pp. 1–6, 2012.